

681.9  
sug  
p. a.



**PENGARUH VARIASI TINGKAT KEPADATAN TERHADAP SIFAT  
MARSHALL DAN INDEK KEKUATAN SISA BERDASARKAN  
SPESIFIKASI BARU BETON ASPAL PADA LASTON (AC-WC)  
MENGUNAKAN JENIS ASPAL PERTAMINA DAN ASPAL ESSO  
PENETRASI 60/70**

**TESIS**

**Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Program Magister Teknik Sipil**

**Oleh**

**RE. SUGIARTO**

**NIM. L. 4A. 001.011**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2003**



## HALAMAN PENGESAHAN

### **PENGARUH VARIASI TINGKAT KEPADATAN TERHADAP SIFAT MARSHALL DAN INDEK KEKUATAN SISA BERDASARKAN SPESIFIKASI BARU BETON ASPAL PADA LASTON (AC-WC) MENGGUNAKAN JENIS ASPAL PERTAMINA DAN ASPAL ESSO PENETRASI 60/70**

Disusun oleh :

**RE. SUGIARTO**  
**NIM. L. 4A. 001.011**

Dipertahankan di Depan Penguji pada tanggal :

**29 Desember 2003**

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil

#### **TIM PENGUJI :**

1. IR. MUHROZI, MS. (Ketua)
2. DRS. BAGUS PRIYATNO, ST., MT. (Sekretaris)
3. DR.IR. SRI PRABANDIYANI, M.Sc. (Anggota – 1)
4. BAGUS HARIO SETIADJI, ST., MT. (Anggota – 2)
5. IR. ROESWAN SOEDIRO, MS. (Anggota – 3)

*[Handwritten signatures of the examination committee members]*

Semarang, 29 Desember 2003

Universitas Diponegoro

Program Pascasarjana

Magister Teknik Sipil



## ABSTRAK

Kerusakan dini struktur perkerasan aspal merupakan masalah yang sering dijumpai saat ini. Salah satu penyebabnya adalah beban muatan kendaraan yang melebihi beban rencana.

Beberapa faktor yang mempengaruhi keawetan campuran aspal seperti rheologi aspal, rongga dalam campuran, kadar aspal efektif. Kadar aspal secara volumetrik dapat dinyatakan dalam besaran volume aspal dalam campuran atau Void Filled with Asphalt (VFA). Dengan kata lain, keawetan campuran aspal ditentukan jumlah volume aspal dalam campuran, sehingga perlu disyaratkan nilai minimum dari VFA seperti persyaratan yang ditetapkan oleh PUSLITBANG JALAN berdasarkan kondisi Indonesia.

Deformasi Plastis terkait erat dengan jumlah kadar aspal dan penurunan rongga dalam campuran (VIM) selama masa pelayanan. Deformasi ini pada awalnya terjadi disebabkan oleh rendahnya rongga udara dalam campuran. Selanjutnya laju terjadinya deformasi plastis ditentukan oleh faktor luar seperti volume lalu lintas, beban gandar kendaraan, tekanan ban, geometrik jalan dan suhu perkerasan.

Persiapan dan hasil pengujian material agregat dan aspal telah memenuhi persyaratan campuran ACWC. Selanjutnya dilakukan penelitian tahap I untuk menentukan kadar aspal optimum dengan menggunakan metode pengujian Marshall dan IKS pada masing masing jenis aspal Pertamina dan Esso dengan penetrasi 60/70. Kemudian dilanjutkan penelitian tahap II untuk mencari nilai karakteristik Marshall dan IKS pada campuran dengan kondisi kepadatan membal dari 2x 150, 2x225, 2x300, 2x400 tumbukan.

Hasil penelitian menunjukan uji Marshall dan IKS tahap I memenuhi Spesifikasi, seperti Kepadatan, VMA, Stabilitas, Kelelahan, MQ, dan IKS. Untuk memperoleh kadar aspal optimum pada aspal Pertamina yang memenuhi syarat untuk  $VFA > 65\%$  pada kadar aspal 5,1 % - 6,5%.  $VIM$  4,9%-5,9% pada kadar aspal 4,5 % - 5,7 % dan  $VMA > 15\%$  pada kadar aspal 4,6% - 6,5%, ditentukan kadar aspal optimum jenis Pertamina 5,5%. Sedangkan untuk aspal Esso yang memenuhi syarat untuk  $VFA > 65\%$  pada kadar aspal 5,1% - 6,5%.  $VIM$  4,9%-5,9% pada kadar aspal 4,5%-5,8% dan  $VMA > 15\%$  pada kadar aspal 4,7%-6,5% ditentukan kadar aspal optimum aspal Esso 5,5%.

Dari hasil pengujian Marshall & IKS Tahap II terlihat bahwa semua karakteristik Marshall memenuhi persyaratan, ini ditunjukan pada tingkat kepadatan untuk kedua jenis aspal Pertamina dan Esso mempunyai nilai rerata yang sama dan cenderung meningkat dari 2x150 tumbukan 2,23 gr/cc sampai 2x400 tumbukan 2,32gr/cc untuk ketiga nilai VMA, VFA dan VIM terlihat bahwa  $VMA_{p(2x150)} 15,97\% > VMA_{p(2x150)} 15,76\%$ ,  $VMA_{p(2x225)} 15,77\% > VMA_{E(2x225)} 15,68\%$ ,  $VMA_{p(2x300)} 15,18\% > VMA_{E(2x300)} 15,06\%$ ,  $VMA_{p(2x400)} 13,94\% > VMA_{E(2x400)} 13,65\%$ ,  $VFA_{p(2x150)} 65,56\% < VFA_{E(2x150)} 66,53\%$ ,  $VFA_{p(2x225)} 66,74\% < VFA_{E(2x225)} 67\%$ ,  $VFA_{p(2x300)} 70,29\% < VFA_{E(2x300)} 70,77\%$ ,  $VFA_{p(2x400)} 78,42\% < VFA_{E(2x400)} 80,20\%$  dan  $VIM_{p(2x150)} 5,5\% > VIM_{E(2x150)} 5,28\%$ ,  $VIM_{p(2x225)} 5,24\% > VIM_{E(2x225)} 5,18\%$ ,  $VIM_{p(2x300)} 4,51\% > VIM_{E(2x300)} 4,40\%$ ,  $VIM_{p(2x400)} 3,01\% > VIM_{E(2x400)} 2,71\%$ .

Dari hasil seperti tersebut diatas aspal Esso lebih rapat, terlihat dari  $VMA <$  dari aspal Pertamina. Dari tingkat VFA aspal Esso lebih awet karena mempunyai  $VFA >$  dari aspal Pertamina sedangkan dari tingkat VIM aspal Esso lebih tahan terhadap deformasi plastis maupun retak leleh karena  $VIM <$  dari aspal Pertamina.

Hasil nilai Stabilitas, Flow dan MQ untuk aspal Pertamina dan Esso mempunyai tingkat berikut Stabilitas  $p(2x150) 1724 \text{ kg} < \text{Stabilitas}_{E(2x150)} 2036 \text{ kg}$ , Stabilitas  $p(2x225) 1677 \text{ kg} > \text{Stabilitas}_{E(2x225)} 1591 \text{ kg}$ , Stabilitas  $p(2x300) 1811 \text{ kg} < \text{Stabilitas}_{E(2x300)} 2165 \text{ kg}$ , Stabilitas  $p(2x400) 1760 \text{ kg} > \text{Stabilitas}_{E(2x400)} 1713 \text{ kg}$ . Flow  $p(2x150) 2,14 \text{ mm} < \text{flow}_{E(2x150)} 2,45$ , flow  $p(2x225) 2,50 \text{ mm} > \text{flow}_{E(2x225)} 2,41$ , flow  $p(2x300) 2,15 \text{ mm} < \text{flow}_{E(2x300)} 2,78 \text{ mm}$ , flow  $p(2x400) 2,06 \text{ mm} < \text{flow}_{E(2x400)} 2,25 \text{ mm}$ . Sedangkan nilai MQ  $p(2x150) 821 \text{ kg/mm} < MQ_{E(2x150)} 846 \text{ kg/mm}$ , MQ  $p(2x225) 680 \text{ kg/mm} > MQ_{E(2x225)} 674 \text{ kg/mm}$ , MQ  $p(2x300) 848 \text{ kg/mm} < MQ_{E(2x300)} 780 \text{ kg/mm}$ , MQ  $p(2x400) 855 \text{ kg/mm} > MQ_{E(2x400)} 771 \text{ kg/mm}$ . Dari ketiga hasil di atas menunjukkan aspal Esso lebih baik, ini ditunjukkan dari aspal Esso lebih lentur dibandingkan dengan menggunakan aspal Pertamina.

Hasil IKS dan DP untuk aspal Pertamina dan Esso mempunyai nilai sebagai berikut  $IKS_{p(2x150)} 94,19\% > IKS_{E(2x150)} 88,63\%$ ,  $IKS_{p(2x225)} 99,17\% > IKS_{E(2x225)} 88,67\%$ ,  $IKS_{p(2x400)} 87,95\% < IKS_{E(2x400)} 98,69\%$ ,  $IKS_{p(2x400)} 85,15\% < IKS_{E(2x400)} 89,39\%$ . Sedang DP, dan DP mempunyai nilai yang sama 0,01 mm menunjukkan bahwa aspal Esso mempunyai keawetan lebih sedikit dari aspal Pertamina. Karena nilai IKS pada akhir masa layanan atau kondisi *refusol density* aspal Esso lebih tinggi dari aspal Pertamina, ditunjukkan pada tumpukan 2x300 dan 2x400. Sedangkan DP menunjukkan perbandingan kadar piller dengan kadar aspal nilai 0,91 merupakan nilai ideal yang menunjukkan nilai tengah dari syarat yang ditetapkan yaitu antara 0,60 – 1,20.

Dari hasil penelitian pengaruh variasi tingkat kepadatan terhadap sifat Marshall dan IKS berdasarkan spesifikasi baru pada AC-WC dengan menggunakan aspal Pertamina dan aspal Esso, memenuhi persyaratan untuk konstruksi lapisan lentur dengan lalu lintas berat, dimana untuk menghasilkan kinerja konstruksi jalan yang baik untuk volume lalu lintas tinggi harus dipilih gradasi agregat gabungan yang lewat didaerah penolakan.

## ABSTRACT

Earlier road deterioration is the most problem frequently found in the current time. One of factors causing the problem is overloading.

The asphalt mixtures durability depend on several factors such as theological, asphalt, void in mixture, effective asphalt content. Volumetrically, asphalt content can be stated as the number of asphalt volume in the total mix or Void Filled with Asphalt (VFA). On the other hand, the durability of asphalt mixture is significantly depending on the number of asphalt volume in the mixture. It is therefore necessary to define the minimum requirement of VFA value as stated on the specification by PUSLITBANG JALAN which was prepared based on the Indonesia condition.

It is known that plastic deformation of the pavement closely related to the number of asphalt content and the decreases of void in mix (VIM) during the service life of the pavement. At the first stage, the deformation is mainly due to the low value of VIM and then the rate of plastic deformation is determinex by external factors such as traffic volume, vehicle axle load, tire pressure, road geometric and pavement temperature.

The result of materials preparation and testing on both aggregates and asphalt fulfill the specification of ACWC mix. The first stage Investigation was then carried out to determine the optimum asphalt content by using Marshall and IKS testing methods which is applied to each asphalt type, i.e., Pertamina and Esso penetration 60/70.

Then, the second stage investigation is done to find out the Marshall and IKS characteristics for each mixtures having different elastic densities resulting from 2x150, 2x225, 2x300 and 2x400 number of blow.

The investigation results shows that Marshall and IKS testing on the first stage fulfill the specifications, such as density, stability, fatigue, Marshall Quotient (MQ) and IKS. The optimum asphalt content for Pertamina asphalt which meet requirement of asphalt content in the range of 5,1 % - 6,5% for VFA 4.9%-5.9%; 4,5% - 5,7% for VIM and 4,6%-6,5% for VMA, is determined 5,5%. While for Esso asphalt that met requirement of asphalt content in the range of 5,1 % - 6,5% for VFA>65 %; 4,5% - 5,8% for VIM and 4,7%-6,5% for VMA, is determined 5,5%.

The results of Marshall and IKS second stage testing indicate that all the Marshall characteristics met the requirement. It's reflected by the degree of density for both type of asphalt having the same average density values and those values tend to increases of number of blows. For 2x150 and 2x400 blows the density value is 2,23 grams/cc and 2,32 grams/cc, respectively.

For the value of VMA, VFA and VIM indicated that  $VMA_{p(2x150)} 15,97\% > VMA_{e(2x150)} 15,76\%$   
 $VMA_{p(2x225)} 15,77\% > VMA_{e(2x225)} 15,68\%$   $VMA_{p(2x300)} 15,18\% > VMA_{e(2x300)} 15,06\%$ ,  $VMA_{p(2x400)} 13,94\% > VMA_{e(2x400)} 13,65\%$   $VFA_{p(2x150)} 65,56\% < VFA_{e(2x150)} 66,53\%$ ,  $VFA_{p(2x225)} 66,74\% < VFA_{e(2x225)} 67\%$ ,  
 $VFA_{p(2x300)} 70,29\% < VFA_{e(2x300)} 70,77\%$ ,  $VFA_{p(2x400)} 78,42\% < VFA_{e(2x400)} 80,20\%$  dan  $VIM_{p(2x150)} 5,5\% > VIM_{e(2x150)} 5,28\%$ ,  $VIM_{p(2x225)} 5,24\% > VIM_{e(2x225)} 5,18\%$ ,  $VIM_{p(2x300)} 4,51\% > VIM_{e(2x300)} 4,40\%$ ,  $VIM_{p(2x400)} 3,01\% > VIM_{e(2x400)} 2,71\%$ .

The above results indicate that Esso asphalt is dense then Pertamina asphalt as reflected by value of VMA Esso which is smaller than VMA Pertamina. The Esso asphalt is more durable than Pertamina asphalt as reflected by the value of VFA Esso higher than Pertamina asphalt. The asphalt Esso is more resistant to plastic deformation and Fatigue cracking than Pertamina asphalt as reflected by value of VIM which smaller than VIM Pertamina asphalt.

The comparison result of stability, Flow and MQ for Pertamina and Esso asphalt are as follow: Stability  $p(2x150) 1724 \text{ kg} < \text{Stability}_{e(2x150)} 2036 \text{ kg}$ , Stability  $p(2x225) 1677 \text{ kg} > \text{Stability}_{e(2x225)} 1591 \text{ kg}$ , Stability  $p(2x300) 1811 \text{ kg} < \text{Stability}_{e(2x300)} 2165 \text{ kg}$ , Stability  $p(2x400) 1760 \text{ kg} > \text{Stability}_{e(2x400)} 1713 \text{ kg}$ . Flow  $p(2x150) 2.14 \text{ mm} < \text{flow}_{e(2x150)} 2.45$ , flow  $p(2x225) 2.50 \text{ mm} > \text{flow}_{e(2x225)} 2.41$ , flow  $p(2x300) 2.15 \text{ mm} < \text{flow}_{e(2x300)} 2.78 \text{ mm}$ , flow  $p(2x400) 2.06 \text{ mm} < \text{flow}_{e(2x400)} 2.25 \text{ mm}$ . While MQ  $p(2x150) 821 \text{ kg/mm} < \text{MQ}_{e(2x150)} 846 \text{ kg/mm}$ , MQ  $p(2x225) 680 \text{ kg/mm} > \text{MQ}_{e(2x225)} 674 \text{ kg/mm}$ , MQ  $p(2x300) 848 \text{ kg/mm} < \text{MQ}_{e(2x300)} 780 \text{ kg/mm}$ , MQ  $p(2x400) 855 \text{ kg/mm} > \text{MQ}_{e(2x400)} 771 \text{ kg/mm}$ .

From the above results shows that Esso asphalt better than Pertamina asphalt. This is indicated by the fact that the Esso asphalt is more flexible than Pertamina asphalt.

The result of IKS and DP for Pertamina and Esso asphalt are as follows :

$IKS_{p(2x150)} 94.19\% > IKS_{e(2x150)} 88.63\%$ ,  $IKS_{p(2x225)} 99.17\% > IKS_{e(2x225)} 88.67\%$ ,  $IKS_{p(2x400)} 87.95\% < IKS_{e(2x400)} 98.69\%$ ,  $IKS_{p(2x400)} 85.15\% < IKS_{e(2x400)} 89.39\%$ .

While DP Esso and DP Pertamina show the same value of 0.01 mm. This indicate that asphalt Esso is slightly durable than Pertamina asphalt, it is because the value of IKS at the end of service life or the refusal density condition of Esso asphalt is higher than that of Pertamina asphalt as shown by the value of IKS for 2x300 and 2x400 number of blows. The value of DP indicate that the ratio between filler and asphalt content. The value of 0.91 is the ideal value which is a middle value of the specified range between 0.6-1.20.

From the experimental results, it can be concluded that the effect of the variation of density level to Marshall and IKS characteristics based on the new specification for ACWC by using Pertamina asphalt and Esso asphalt meet the requirement for flexible pavement carrying heavy load traffic. To obtain high performance of road construction carrying heavy load traffic, it is recommended to choose the combination of gradation which is below the restricted curve.

## PRAKATA

Puji syukur penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan petunjuk-Nya sehingga tesis dengan judul Pengaruh Variasi tingkat Kepadatan terhadap sifat *Marshall* dan Indek Kekuatan Sisa Berdasarkan Spesifikasi Baru Beton Aspal pada Laston (ACWC) menggunakan jenis Aspal Pertamina dan Aspal *Esso* Penetrasi 60/70.

Tesis ini disusun sebagai syarat menyelesaikan studi pada Program Magister Teknik Sipil Konsentrasi Transportasi Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Selama menyelesaikan tesis ini, penulis banyak menerima petunjuk, saran, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan hal tersebut penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada :

- 1) Dr. Ir. Suripin, M. Eng., selaku Ketua Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro,
- 2) Dr. Ir. Bambang Riyanto, DEA., selaku Sekretaris Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro,
- 3) Ir. Muhrozi, MS., selaku Dosen Pembimbing I,
- 4) Drs. Bagus Priyatno, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II,
- 5) Dr. Ir. Sri Prabandiyani, M Sc., dan Bagus Hario Setiadji, ST., MT., Ir. Ruswan Sudiro, MS., selaku Tim Pembahas.
- 6) Para dosen dan staf Administrasi Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro.
- 7) Pimpinan dan staf Laboratorium Teknik Sipil Akademi Teknologi Semarang,
- 8) Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Mudah-mudahan tesis ini berguna untuk pengembangan lebih lanjut bagi kemajuan bidang KebinaMargaan pada umumnya dan pengembangan teknologi konstruksi Jalan pada khususnya.

## DAFTAR ISI

### Halaman

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAC</b>	<b>iv</b>
<b>PRAKATA</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xii</b>
<b>ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. Umum	6
2.2. Agregat	7
2.2.1. Agregat (Kasar, Halus dan Filler)	12
2.2.2. Gradasi	13
2.3. Aspal	15
2.4. Persyaratan Perencanaan Campuran Beraspal	17
2.5. Metoda Pengujian <i>Marshall</i>	19
2.6. Hipotesis	20
2.7. Hasil Penelitian yang Relevan	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>23</b>
3.1. Metode dan Disain	23
3.2. Bahan Penelitian	25
3.3. Peralatan Penelitian	25
3.4. Dasar Perhitungan	26
3.4.1. Berat Jenis <i>Bulk</i> dan <i>Apparent</i> dari Total Agregat	26
3.4.2. Berat Jenis Efektif dari Total Agregat	27
3.4.3. Volume Campuran dan Berat Jenis Campuran setelah Pemadatan	27
3.4.4. Penyerapan Aspal	27
3.4.5. Kadar Aspal Efektif	28
3.4.6. Rongga Udara ( <i>Air Voids</i> )	28

3.4.7. Stabilitas dan <i>Flow</i>	29
3.4.8. <i>Marshall Quotient</i> dan Indek Kekuatan Sisa	29
3.4.4. <i>Dust Proportion</i>	29
3.5. Prosedur Penelitian	31
3.5.1. Pemeriksaan Bahan	31
3.5.2. Perencanaan Campuran Beraspal panas Laston AC-WC	32
3.5.3. Pengujian <i>Marshall</i>	37
3.5.4. Pengujian Indek Kekuatan Sisa	39
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	<b>40</b>
4.1. Hasil Pengujian Material	41
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal	41
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat	44
4.1.3. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dan Indek Kekuatan Sisa pada Kadar Aspal Optimum untuk Aspal Pertamina dan Aspal <i>Esso</i>	45
4.2. Pembahasan	53
4.2.1. Pengaruh Kadar Aspal pada Aspal Pertamina dan Aspal <i>Esso</i> dari hasil Pengujian <i>Marshall</i> dan IKS Tahap I	53
4.2.2. Evaluasi Hasil Laboratorium uji <i>Marshall</i> dan IKS Tahap I terhadap Spesifikasi	65
4.2.3. Pengaruh Variasi jumlah tumbukan sampai kondisi <i>Refusal Density</i> hasil Pengujian <i>Marshall</i> dan IKS Tahap II untuk Aspal Pertamina dan Aspal <i>Esso</i>	67
4.2.4. Evaluasi Hasil Laboratorium uji <i>Marshall</i> dan IKS Tahap II ( <i>Refusal Density</i> ) terhadap Spesifikasi	87
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>89</b>
5.1. Kesimpulan	89
5.2. Saran	90
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>91</b>

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.1.	Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal	14
2.2.	Penetrasi Aspal untuk berbagai kondisi iklim	16
3.1.	Spesifikasi Pengujian Bahan Agregat	31
3.2.	Persyaratan untuk aspal	32
3.3.	Spesifikasi beberapa Campuran Beraspal	33
3.4.	Target Gradasi dengan ukuran maksimum 19 mm	34
3.5.	Jumlah Sampel yang direncanakan.	36
4.1.	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Penetrasi 60/70 ex Pertamina	40
4.2.	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Penetrasi 60/70 ex <i>Esso Singapore</i>	41
4.3.	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat	44
4.4.	Hasil test <i>Marshall</i> Campuran <i>ACWC</i> aspal Pertamina (2 x75)	46
4.5.	Hasil test <i>Marshall</i> Campuran <i>AC-WC</i> aspal <i>Esso</i> (2 x75)	46
4.6.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran <i>AC-WC</i> aspal Pertamina pada Kondisi <i>Refusal Density</i>	49
4.7.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran <i>AC-WC</i> aspal <i>Esso</i> pada Kondisi <i>Refusal Density</i>	49
4.8.	Kadar Aspal terhadap Nilai Kepadatan Campuran <i>AC-WC</i>	53
4.9.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>VMA</i> Campuran <i>AC-WC</i>	54
4.10.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>VFA</i> Campuran <i>AC-WC</i>	56
4.11.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>VIM</i> Campuran <i>AC-WC</i>	57
4.12.	Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas Campuran <i>AC-WC</i>	59
4.13.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Flow</i> Campuran <i>AC-WC</i>	60
4.14.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Marshall Quotient</i> Campuran <i>AC-WC</i>	62
4.15.	Kadar Aspal terhadap Nilai Indek kekuatan Sisa Campuran <i>AC-WC</i>	63
4.16.	Kadar Aspal terhadap Nilai <i>Dust Proportion</i> Campuran <i>AC-WC</i>	65
4.17.	Kadar Aspal Optimum Penetrasi 60/70 jenis Pertamina dan <i>Esso</i>	66



4.18.	Nilai Kepadatan terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal Pertamina	67
4.19.	Nilai Kepadatan terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal <i>Esso</i>	68
4.20.	Nilai <i>VMA</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal Pertamina	69
4.21.	Nilai <i>VMA</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal <i>Esso</i>	70
4.22.	Nilai <i>VFA</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal Pertamina	72
4.23.	Nilai <i>VFA</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal <i>Esso</i>	72
4.24.	Nilai <i>VIM</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal Pertamina	74
4.25.	Nilai <i>VIM</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal <i>Esso</i>	75
4.26.	Nilai Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal Pertamina	77
4.27.	Nilai Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal <i>Esso</i>	77
4.28.	Nilai <i>Flow</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal Pertamina	80
4.29.	Nilai <i>Flow</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal <i>Esso</i>	80
4.30.	Nilai <i>MQ</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal Pertamina	82
4.31.	Nilai <i>MQ</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal <i>Esso</i>	83
4.32.	Nilai IKS terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal Pertamina	85
4.33.	Nilai IKS terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan campuran <i>AC-WC</i> Jenis aspal <i>Esso</i>	85
4.34	Perbandingan Karakteristik <i>Marshall</i> pada tingkat Kepadatan Membal ( <i>refusal Density</i> ) pada Kadar Aspal 5.5 % jenis Pertamina dan <i>Esso</i>	87

## DAFTAR GAMBAR

2.1.	Spesifikasi Gradasi Campuran ukuran Maksimum 19 mm (AC-WC)	14
3.1.	Bagan Alir Penelitian	23
3.2.	Target Gradasi Campuran Ukuran maksimum 19 mm Laston (AC-WC)	34
4.1.	Perbandingan Hasil uji <i>Marshall</i> untuk Campuran beraspal dengan Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 dan Aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70	47
4.2.	Hasil uji <i>Marshall</i> untuk Campuran beraspal dengan Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 pada kondisi Kepadatan sampai membal ( <i>refusal density</i> )	50
4.3.	Hasil uji <i>Marshall</i> untuk Campuran beraspal dengan Aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70 pada kondisi Kepadatan sampai membal ( <i>refusal density</i> )	51
4.4.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan Kepadatan	53
4.5.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>VMA</i>	55
4.6.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>VFA</i>	56
4.7.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>VIM</i>	58
4.8.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas	59
4.9.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>Flow</i>	61
4.10.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan <i>Marshall Quotient</i>	62
4.11.	Grafik hubungan Kadar Aspal dan IKS	64
4.12.	Grafik hubungan Nilai Kepadatan terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal Pertamina	67
4.13.	Grafik hubungan Nilai Kepadatan terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal <i>Esso</i>	68
4.14.	Grafik hubungan Nilai <i>VMA</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal Pertamina	70
4.15.	Grafik hubungan Nilai <i>VMA</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal <i>Esso</i>	70
4.16.	Grafik hubungan Nilai <i>VFA</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal Pertamina	72
4.17.	Grafik hubungan Nilai <i>VFA</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal <i>Esso</i>	73
4.18.	Grafik hubungan Nilai <i>VIM</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal Pertamina	75

4.19.	Grafik hubungan Nilai <i>VIM</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal <i>Esso</i>	75
4.20.	Grafik hubungan Nilai Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal Pertamina	77
4.21.	Grafik hubungan Nilai Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal <i>Esso</i>	78
4.22.	Grafik hubungan Nilai <i>Flow</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal Pertamina	80
4.23.	Grafik hubungan Nilai <i>Flow</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal <i>Esso</i>	81
4.24.	Grafik hubungan Nilai <i>MQ</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal Pertamina	83
4.25.	Grafik hubungan Nilai <i>MQ</i> terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal <i>Esso</i>	83
4.26.	Grafik hubungan Nilai IKS terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal Pertamina	85
4.27.	Grafik hubungan Nilai IKS terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah tumbukan jenis aspal <i>Esso</i>	86

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1	Sertifikat Kalibrasi	1
Lampiran A.2	Rasio Korelasi Stabilitas	4
Lampiran B.1	Laporan Pengujian Aspal Keras jenis Pertamina Penetrasi 60/70	5
Lampiran B.2	Pengujian Penetrasi Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	6
Lampiran B.3	Pemeriksaan Titik Lembek Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	7
Lampiran B.4	Pengujian Daktilitas Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	8
Lampiran B.5	Pengujian Kelarutan dalam CCL <sub>4</sub>	9
Lampiran B.6	Pengujian Titik Nyala Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	10
Lampiran B.7	Pengujian Berat Jenis Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	11
Lampiran B.8	Pengujian Kehilangan Berat Jenis aspal Pertamina Penetrasi 60/70	12
Lampiran B.9	Pengujian Penetrasi setelah Kehilangan Berat	13
Lampiran B.10	Pengujian Daktilitas setelah Kehilangan Berat	14
Lampiran C.1	Laporan Pengujian Aspal Keras jenis <i>Esso</i> Penetrasi 60/70	15
Lampiran C.2	Pengujian Penetrasi Jenis aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70	16
Lampiran C.3	Pemeriksaan Titik Lembek Jenis aspal <i>Eso</i> Penetrasi 60/70	17
Lampiran C.4	Pengujian Daktilitas Jenis aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70	18
Lampiran C.5	Pengujian Kelarutan dalam CCL <sub>4</sub>	19
Lampiran C.6	Pengujian Titik Nyala Jenis aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70	20
Lampiran C.7	Pengujian Berat Jenis Jenis aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70	21
Lampiran C.8	Pengujian Kehilangan Berat Jenis aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70	22
Lampiran C.9	Pengujian Penetrasi setelah Kehilangan Berat	23
Lampiran C.10	Pengujian Daktilitas setelah Kehilangan Berat	24
Lampiran D.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	25
Lampiran D.2.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	26
Lampiran D.3	Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Debu batu	27
Lampiran D.4	Pemariksaan Keausan agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i> Kelekatan Agregat terhadap Aspal, <i>Sand Equivalent</i>	28
Lampiran E	Perhitungan Bahan Susun Benda Uji dengan menggunakan Aspal Pertamina	29

Lampiran F	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap I	34
Lampiran G	Perhitungan Bahan Susun Benda Uji dengan menggunakan <i>Aspal Esso</i>	35
Lampiran H	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap I	39
Lampiran I.1	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II (2x150)tumbukan	40
Lampiran I.2	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II (2x225)tumbukan	41
Lampiran I.3	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II (2x300)tumbukan	42
Lampiran I.4	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II (2x400)tumbukan	43
Lampiran J.1	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II (2x150)tumbukan	44
Lampiran J.2	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II (2x225)tumbukan	45
Lampiran J.3	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II (2x300)tumbukan	46
Lampiran J.4	Perhitungan dan Analisis Sifat Campuran Agregat – Aspal <i>Esso</i> Penetrasi 60/70 dengan Metoda <i>Marshall</i> Tahap II (2x400)tumbukan	47

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

<i>AASHTO</i>	= <i>Assosiation of American Society Highway Transport Organization</i>
<i>AC-WC</i>	= <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
<i>ASTM</i>	= <i>American Society for Testing and Material</i>
<i>BS</i>	= <i>British Standards Institution</i>
$G_{sb}$	= Berat jenis kering/ <i>bulk spesific gravity</i> (gr/cc)
$G_{sa}$	= Berat jenis semu/ <i>apparent spesific gravity</i> (gr/cc)
$G_{se}$	= Berat jenis efektif/ <i>bulk spesific gravity SSD</i> (gr/cc)
$G_{sb_{tot}} \text{ agregat}$	= Berat jenis kering agregat gabungan (gr/cc)
$P_1, P_2, P_3, \dots$	= Prosentase berat dari masing-masing agregat
$G_{sb_1}, G_{sb_2}, G_{sb_3}, \dots G_{sbn}$	= Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1,2,3..n
$G_{sa_{tot}} \text{ agregat}$	= Berat jenis semu agregat gabungan
$G_{sa_1}, G_{sa_2}, G_{sa_3}, \dots G_{san}$	= Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1,2,3..n
$G_{se_{tot}} \text{ agregat}$	= berat jenis efektif agregat gabungan
$G_{se_1}, G_{se_2}, G_{se_3}, \dots G_{sen}$	= Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1,2,3..n
$V_{bulk}$	= Volume campuran setelah pemadatan (cc)
$W_{SSD}$	= Berat dalam kondisi kering permukaan (gr)
$W_w$	= Berat dalam air (gr)
$G_{mb}$	= Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)
$G_{mm}$	= Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
$P_b$	= Prosentase kadar aspal terhadap total campuran (%)
$P_{ba}$	= Penyerapan aspal, persen total agregat (%)
$P_{be}$	= Kadar aspal efektif, persentotal campuran (%)
$P_f$	= Prosentase kadar <i>Filler</i> terhadap total campuran (%)
$P_s$	= Kadar agregat, persen total campuran (%)
Puslitbang	= Pusat Penelitian dan Pengembangan
$G_b$	= Berat jenis aspal (gr/cc)

VIM	= <i>Void In the Mix</i> / Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total
VMA	= <i>Void in the Mineral Aggregate</i> Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total
VFA	= <i>Void Filled with Asphalt</i> / Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
MS	= <i>Marshall Stability</i>
MF	= Kelelahan <i>Marshall</i>
IKS	= Indeks Kekuatan Sisa
Msi	= Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 24 jam pada temperatur 60°C
MSs	= Stabilitas <i>Marshall</i> standar pada perendaman selama 30-40 menit pada temperatur 60°C
SNI	= Standar Nasional Indonesia
<i>Superpave</i>	= <i>Superior Performing Asphalt Pavement</i>

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. latar Belakang

Era globalisasi berangsur mempengaruhi kehidupan masa kini dengan ciri kecepatan pertukaran informasi dan peningkatan mobilitas antar daerah, antar negara bahkan antar kontinen. Sebagai konsekwensinya, kualitas prasarana dan sarana transportasi diuntut semakin handal untuk melayani lalu lintas yang semakin berat, semakin cepat namun diuntut semakin nyaman dan aman.

Pesatnya pertumbuhan lalu lintas baik jumlah maupun daya angkut cenderung memperpendek umur pelayanan jalan, sementara dilain pihak semakin terbatasnya dana pembangunan di Indonesia menuntut dicapainya umur pelayanan jalan yang lebih tinggi disamping keamanan dan kenikmatan berkendara yang lebih baik pula.

Banyak pendapat mengatakan bahwa *material engineering* merupakan bagian erat dari riset dan penelitian, memerlukan keahlian khusus bagi seseorang untuk dapat bergabung dalam lingkup kegiatannya, meskipun seharusnya logika penalarannya dapat dikembangkan dan didiskusikan dengan format lebih sederhana, sehingga dapat melibatkan lebih banyak peminat. Pemahaman dan pendalaman *material engineering* akan membuka penalaran kreatif ke arah tercapainya mutu pelaksanaan yang optimal, mencegah terjadinya kegagalan konstruksi jalan, dan mendorong timbulnya inovasi-inovasi baru dalam menjawab tantangan kebutuhan dan penggunaan sumber daya yang seharusnya semakin efektif dan efisien. Tantangan dan tuntutan yang ada perlu diuraikan menjadi fungsi spesifik untuk mendapatkan sifat material yang sesuai. Semakin dekat sifat bahan yang ditemukan melalui rekayasa *material engineering* dengan sifat yang diinginkan, maka akan semakin optimal penggunaannya dalam pelaksanaan. Sifat spesifik bahan alam, bahan baku dan bahan olahan harus dikuasai dan diamati kelakuannya selama periode pelayanan agar dapat diantisipasi kesesuaian kondisi lingkungan, resiko yang harus dihadapi, hal-hal yang dapat berakibat fatal atau kondisi yang merugikan terhadap usaha peningkatan kinerja di masa mendatang.



Kerusakan dini yang sering terjadi pada lapis permukaan jalan merupakan salah satu masalah yang sering dijumpai dewasa ini. Salah satu penyebab permukaan jalan sering mengalami kerusakan dini disebabkan karena terjadinya faktor penyimpangan berat muatan lalu lintas yang melebihi kapasitas beban yang dapat ditahan oleh lapis permukaan jalan. Pemadatan lanjut akibat pembebanan lalu lintas dilapangan dapat menyebabkan terjadi retak leleh dan deformasi plastis pada lapis permukaan jalan yang mengakibatkan jalan cepat mengalami kerusakan sebelum umur rencana.

Untuk mencegah terjadinya retak leleh yang terlalu dini campuran harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga menjadi lebih awet. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap tingkat keawetan (*durabel*) seperti sifat *rheologi* aspal, kadar aspal efektif, tebal film aspal, dan rongga dalam campuran. Kadar aspal dan tebal film aspal secara volumetrik dapat dinyatakan dalam besaran volume aspal dalam campuran atau *voids filled with asphalt (VFA)*, sehingga dapat dikatakan bahwa keawetan campuran ditentukan oleh jumlah volume aspal dalam campuran, untuk itu perlu disyaratkan *VFA* minimum tertentu yang harus dipenuhi.

Adanya kaitan erat antara terjadinya deformasi plastis dengan tingginya kadar aspal dan penurunan rongga dalam campuran atau *voids in the mix (VIM)* selama masa pelayanannya. Penurunan ini bermula dari rendahnya rongga udara *design* campuran, selanjutnya laju terjadinya deformasi plastis ditentukan oleh faktor-faktor luar seperti volume lalu lintas, beban gandar kendaraan, tekanan ban, geometrik jalan dan suhu perkerasan. Pentingnya peranan rongga udara dalam campuran (*VIM*) tercermin pada prosedur perencanaan campuran versi *Superpave (Superior Performing Asphalt Pavement)* dan prosedur *Marshall* dari *The Asphalt Institute*. Kedua prosedur tersebut menekankan pentingnya mempertahankan nilai rongga udara minimum tertentu setelah pemadatan sekunder oleh lalu lintas.

Filosofi yang sama diterapkan dalam spesifikasi baru beton aspal yang disiapkan oleh Puslitbang Jalan berdasarkan kondisi Indonesia. Permasalahan tersebut sangat melatarbelakangi perlunya penelitian tentang pengaruh tingkat kepadatan terhadap sifat *Marshall* dan Durabilitas berdasarkan spesifikasi baru beton aspal pada *AC-WC* menggunakan jenis aspal *Esso* dan aspal Pertamina penetrasi 60/70.

## 1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan maksud untuk mendapatkan beberapa hal berikut ini :

- a. Membandingkan perilaku campuran beraspal panas (besarnya kadar aspal) berdasarkan spesifikasi baru dengan menggunakan jenis aspal yang berbeda yaitu aspal *Esso* dan aspal *Pertamina*, dengan tingkat konsistensi yang sama yaitu penetrasi 60/70.
- b. Mempelajari pengaruh variasi tingkat kepadatan yang dinyatakan dengan variasi jumlah tumbukan dan uji durabilitas yang dinyatakan dengan uji perendaman terhadap beton aspal pada laston (*AC-WC*) dengan tingkat konsistensi aspal yang sama (penetrasi 60/70).

Tujuan penelitian untuk menganalisis pengaruh tingkat kepadatan terhadap sifat *Marshall* berdasarkan spesifikasi baru beton aspal pada laston (*AC-WC*) menggunakan jenis aspal *Esso* dan aspal *Pertamina* dengan tingkat konsistensi aspal yang sama, dinyatakan dalam angka penetrasi 60/70 secara laboratorium. Tingkat kepadatan ini dinyatakan dalam jumlah tumbukan pemadatan benda uji dan tingkat daya tahan suatu lapis perkerasan terhadap keausan (*disintegrasi*) dari beban lalu lintas, pengaruh cuaca tanpa mengalami pengelupasan (*stripping*) film aspal dari butiran agregat. Selanjutnya direkomendasi besarnya jumlah lintasan alat pemadat di lapangan dan jenis aspal yang sesuai agar dapat diperoleh kualitas laston (*AC-WC*) yang memenuhi spesifikasi teknis dari Direktorat Jenderal Bina Marga dan diharapkan akan diperoleh penghematan biaya pembangunan jalan.

## 1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah memberikan pemahaman mengenai pengaruh tingkat kepadatan dan kadar aspal jenis aspal *Esso* dan aspal *Pertamina* dengan tingkat konsistensi aspal yang sama pada spesifikasi baru beton aspal pada laston (*AC-WC*), kaitannya terhadap sifat *Marshall* (*Stabilitas*, *Flow*, *Void In the Mix/VIM*, *Void Filled With Asphalt/VFA*, *Void in Mineral Aggregate/VMA*, *Marshall Quotient/MQ*) dan Indek Kekuatan

Sisa/IKS , serta diharapkan dapat memberikan masukan dibidang ilmu rekayasa transportasi bagi pihak-pihak yang terkait.

#### 1.4. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini perlu diberikan supaya penelitian dapat dilakukan secara efisien, efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Agregat kasar, halus dan *filler* didapat dari bahan yang sama berasal dari hasil pemrosesan hasil pemecah batu (*stone crusher*) dari AMP milik PT Adhi Karya Semarang.
- b. Bahan aspal menggunakan aspal *Esso Singapore* dan aspal Pertamina dengan tingkat konsistensi yang sama (penetrasi 60/70).
- c. Uji bahan (aspal dan agregat) dilakukan berdasarkan pada spesifikasi baru beton aspal campuran panas Edisi terakhir Agustus 2001.
- d. Perencanaan gradasi campuran menggunakan campuran untuk laston lapis aus *AC-WC* dengan gradasi rapat menggunakan metoda tes *Marshall* yang mengacu spesifikasi baru beton aspal campuran panas Edisi Agustus 2001.
- e. Uji tingkat pemadatan didasarkan pada variasi tumbukan 2 x 75 (standar), 2 x 150, 2 x 225, 2 x 300, dan 2 x 400 tumbukan.
- f. Uji Indeks kekuatan Sisa dinyatakan dalam uji perendaman *Marshall* (*Marshall Immersion Test*) selama 24 jam dengan suhu 60<sup>0</sup> C dan ditunjukkan dalam indeks stabilitas sisa (*Index Retained Strenght*).
- g. Penelitian yang dilakukan terbatas pada pengujian laboratorium dan tidak melakukan pengujian lapangan.
- h. Penelitian yang dilakukan, tidak membahas masalah aspek ekonomis.

#### 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis didasarkan pada buku Pedoman Penyusunan dan Penulisan Tesis Magister Teknik Sipil. Penulisan tesis, dibagi dalam lima bab :

##### a. Bab I. Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang penulisan tesis, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah , dan sistematika penulisan.

b. Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi teori yang digunakan sebagai landasan atau acuan dari penelitian, seperti sifat-sifat agregat dan aspal, metoda pengujian, hipotesis dan hasil-hasil penelitian yang relevan.

c. Bab III. Metodologi Penelitian

Bab ini membahas mengenai tahapan dan cara penelitian serta uraian tentang pelaksanaan penelitian, seperti metoda dan disain, bahan penelitian, peralatan penelitian dan dasar perhitungan.

d. Bab IV. Hasil Perhitungan dan Pembahasan

Bab ini membahas tentang hasil-hasil penelitian dan juga menganalisa hasil penelitian serta pembahasannya. Hasil ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik dan tabel. Hasil yang akan ditulis dalam kesimpulan harus terlebih dahulu dimunculkan dalam bagian pembahasan ini.

e. Bab V. Kesimpulan dan saran

Bab ini berisi kesimpulan setelah melakukan analisa dan pembahasan. Kesimpulan merupakan rangkuman hasil pembahasan secara rinci, bab ini juga berisikan saran yang didasarkan hasil penelitian dan diharapkan diadakannya penelitian lanjutan, mengingat batasan-batasan pada penelitian ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Umum

Spesifikasi campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metoda *Marshall* konvensional. Untuk kondisi lalu lintas berat perencanaan metoda *Marshall* menetapkan pemadatan benda uji sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan batas rongga campuran (*VIM*) antara 3 sampai 5, didapat hasil pengujian pengendalian mutu menunjukkan bahwa kesesuaian parameter kontrol di lapangan seringkali tidak terpenuhi untuk mencapai persyaratan dalam spesifikasi, sehingga kinerja perkerasan jalan tidak tercapai. Kondisi ini sulit untuk menjamin campuran yang tahan terhadap kerusakan berbentuk alur plastis, oleh karena itu metoda *Marshall* konvensional belum cukup untuk menjamin kinerja campuran beraspal panas yang digunakan untuk lalu lintas berat dan padat dengan suhu tinggi. Keterbatasan metoda *Marshall* adalah ketergantungannya terhadap kepadatan yang baik setelah dilalui kendaraan untuk mencapai *VIM* yang disyaratkan.

*VIM* setelah dilalui lalu lintas dalam beberapa tahun mencapai kurang dari 1%, sehingga terjadi perubahan bentuk plastis. Untuk kondisi seperti ini, metoda *Marshall* dengan 2 x 75 tumbukan sudah tidak sesuai lagi. Untuk menambah kesempurnaan dalam prosedur perencanaan campuran maka ditentukan pengujian tambahan, yaitu pemadatan *ultimite* pada benda uji sampai mencapai kepadatan membal (*refusal density*). Metoda *Marshall* masih dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan secara *volumetrik*. Untuk mengendalikan kepadatan, diperkenalkan kriteria kadar *VIM* minimum dan maksimum dalam persyaratan campuran, terutama untuk campuran beraspal panas sebagai lapis permukaan jalan. *VIM* dirancang dapat dicapai tidak kurang dari 3% untuk lalu lintas berat. Pemadatan contoh benda uji harus dilakukan dengan jumlah tumbukan yang berlebih sebagai simulasi adanya pemadatan sekunder oleh lalu lintas, sampai benda uji tidak bertambah lebih padat lagi. Kepadatan mutlak ini berguna untuk menjamin bahwa dengan pendekatan adanya pemadatan oleh lalu lintas setelah

beberapa tahun umur rencana, lapis permukaan tidak akan mengalami perubahan bentuk plastis (*plastic deformation*). Bila pengujian ini diterapkan maka kinerja perkerasan jalan beraspal yang dicampur secara panas akan meningkat.

## 2.2. Agregat

Agregat diartikan sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang sengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi suatu campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain, pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi, abu/debu agregat, dan lain-lain.

Agregat merupakan bahan struktural dalam suatu campuran aspal. Prosentase agregat dalam suatu campuran berkisar antara 75-85 % dari volume total atau 90-95% dari berat total ( Sukirman, 1999). Agregat merupakan bahan utama yang turut menahan beban yang diderita oleh perkerasan jalan dan dalam pelaksanaan perkerasan, sangat dipengaruhi oleh mutu agregat. Dalam penggunaannya dilapangan juga memperhatikan ketersediaan bahan di daerah setempat, mutu agregat dan jenis konstruksi yang akan digunakan. Pada lapisan permukaan (*wearing course*) dituntut suatu kualitas agregat yang lebih baik dibandingkan dengan lapisan dibawahnya. Hal ini disebabkan pada lapisan permukaan, langsung menerima repetisi beban yang terjadi sebagai akibat beban lalu-lintas dan pengaruh lingkungan. Menurut sumbernya atau cara mempersiapkannya, agregat dibagi atas tiga jenis, yaitu:

### a. Agregat alam (*Natural agregat*)

Agregat jenis biasa diperoleh langsung di alam, dan dapat langsung digunakan sebagai bahan lapis perkerasan jalan. Jenis agregat alam yang biasa digunakan misalnya kerikil (*gravel*) dan *sand* (pasir kali ataupun pasir besi).

b. Agregat dengan pengolahan (*Manufactured agregat*)

Agregat jenis ini merupakan hasil pengolahan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Diharapkan dengan pengolahan ini ukuran agregat sesuai dengan gradasi yang diinginkan, serta mempunyai tekstur yang kasar berbentuk agregat bersudut (*angular*).

c. Agregat buatan (*Synthetic agregat*)

Agregat buatan merupakan agregat hasil perekayasaan yang dibuat khusus untuk tujuan tertentu. Agregat jenis ini, juga bisa diperoleh dari hasil sampingan industri tertentu seperti pabrik baja yang menghasilkan limbah logam (*slag*).

Sifat-sifat agregat yang sangat mempengaruhi kekuatan dan kualitas suatu campuran aspal diantaranya adalah:

a. Ukuran dan gradasi agregat (*Size and Grading*)

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat sangat berpengaruh pada besarnya rongga antar butiran yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaannya. Tujuan dalam pelaksanaan ukuran dan gradasi agregat antara lain:

- 1) Ukuran agregat sangat terkait dengan pelaksanaan tebal penyebaran atau penghamparan yang dilakukan dan tebal pemadatan.
- 2) Gradasi sangat terkait dalam pelaksanaan pemadatan antara lain, kestabilan lapisan, kecepatan atau waktu pemadatan.

Ukuran suatu agregat mempunyai pengaruh terhadap gesekan antar partikel. Namun yang perlu diperhatikan bahwa ukuran maksimal batuan didalam campuran harus lebih kecil atau sama dengan 75 % tebal perkerasan. Ukuran maksimum batuan yang terlalu besar menyebabkan kepadatan sulit dicapai. Gradasi agregat sendiri dibagi atas 3 jenis yaitu:

### 1) Gradasi seragam (*Uniform graded*)

Gradasi seragam adalah distribusi agregat dengan ukuran yang hampir sama dengan kandungan agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi ini disebut juga gradasi terbuka, yang mempunyai sifat antara lain, permeabilitas yang tinggi, stabilitas kurang.

### 2) Gradasi rapat. (*Dense graded*)

Gradasi ini merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, dimana agregat halus berperan dalam mengisi rongga antar agregat kasar, sehingga gradasi ini mempunyai sifat impermeabilitas dan stabilitas yang tinggi. Suatu gradasi rapat agregat yang baik, adalah jika persen yang lolos setiap saringan memenuhi persamaan *fuller* yaitu:

$$P = 100(d/D)^{0.5}$$

Keterangan:

P = total prosentase yang lolos saringan yang dimaksud

d = ukuran saringan yang dimaksud

D = ukuran terbesar saringan pada gradasi yang digunakan.

Kurva *fuller* adalah kurva gradasi dimana kondisi campuran memiliki kepadatan maksimum dengan rongga diantara mineral agregat (*VMA*) yang minimum (Priyatno, 2001)

### 3) Gradasi buruk (*Poorly graded*)

Gradasi ini merupakan campuran agregat dengan satu atau lebih ukuran tertentu dihilangkan untuk menampung aspal lebih banyak dibandingkan campuran yang menggunakan tipe gradasi lainnya. Jenis gradasi ini sering disebut sebagai gradasi senjang (*gap graded*) yang bersifat lebih fleksibel/ lentur, durabilitas yang baik.



b. Kebersihan (*Cleanliness*)

Agregat yang mengandung substansi asing merusak perkerasan seperti zat-zat organik, lempung dan yang lainnya harus dihilangkan sebelum digunakan dalam campuran perkerasan. Substansi ini akan menghalangi aspal terserap ke dalam pori-pori batuan, sehingga terjadi pengelupasan aspal dari agregat. *California Division of Highways* telah mengembangkan suatu cara untuk menentukan zat-zat merugikan tersebut dengan *sand equivalent test*.

c. Keausan dan kekerasan (*Toughness*)

Proses kerusakan agregat dapat disebabkan oleh pengaruh cuaca, pelaksanaan yang kurang baik serta pengaruh beban lalu lintas. Oleh karena itu, agregat yang digunakan harus cukup tahan terhadap pemecahan (*crushed*), penurunan mutu (*degradation*) dan penghancuran (*disintegration*). Ketahanan agregat terhadap cuaca atau pengikisan dapat diukur/ditentukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles* atau dengan uji penumbukan.

d. Bentuk butiran (*Particle shape*)

Bentuk butiran dapat berupa bulat/lonjong, pipih, kubus/segi banyak. Pada perkerasan konstruksi perkerasan jalan, bentuk butiran mempunyai beberapa pengaruh langsung/tidak langsung antara lain:

- 1) Mempengaruhi cara pengerjaan campuran
- 2) Merubah kemampuan pemadatan dalam mencapai kepadatan/density yang ditentukan.
- 3) Mempengaruhi terhadap kekuatan perkerasan aspal

Kemampuan saling kunci antar agregat sangat dipengaruhi oleh bentuk butiran agregat. Sifat ini akan menentukan stabilitas konstruksi. Bentuk kubus dan bersudut tajam pada butir agregat memberikan kemampuan saling kunci (*interlocking*) yang tinggi jika dibandingkan dengan batuan bulat.

e. Tekstur permukaan (*Surface texture*)

Tekstur permukaan juga berperan dalam mempengaruhi lekatan antara aspal dan agregat. Selain itu, juga berpengaruh terhadap cara pengerjaan dan kekuatan campuran aspal. Tekstur permukaan dari agregat sendiri dibagi atas tiga macam yaitu:

- 1) Batuan kasar (*Rough*), tekstur permukaan yang kasar dan kasap akan memberikan gaya gesek yang lebih besar sehingga dapat menahan gaya-gaya pemisah yang bekerja pada agregat. Tekstur kasar juga memberikan daya adhesi yang lebih baik antara aspal dan agregat.
- 2) Batuan halus (*Smooth*), agregat yang halus lebih mudah terselimuti aspal namun tidak memberikan kelekatan yang baik dengan aspal sehingga pada batuan jenis ini lebih mudah dikerjakan namun sulit untuk dipadatkan.
- 3) Batuan mengkilat (*Polished*), batuan jenis memberikan *internal friction* yang rendah dan sulit dilekati aspal.

f. Absorpsi (*Absorption*)

Porositas suatu agregat mempengaruhi jumlah aspal yang dapat diserap atau terabsorpsi dalam campuran. Sehingga semakin tinggi porositasnya, makin banyak aspal yang terabsorpsi sehingga campuran menjadi semakin mahal. Umumnya agregat yang berpori banyak biasanya tidak dapat digunakan, kecuali bilamana agregat tersebut mempunyai sifat-sifat lainnya seperti abrasi, daya tahan terhadap pelapukan, dan lain-lain.

g. Kelekatan terhadap aspal

Adhesi antara aspal dan batu terjadi karena adanya tarik-menarik antara molekul dan penyerapan. Agregat yang mudah mengalami *striping* biasanya disebut mempunyai sifat *hidrofilik* (suka air), jenis agregat tidak baik digunakan dalam konstruksi lapis keras, agregat *hidrofilik* umumnya mengandung asam atau silikat seperti kuarsa. Namun, sebaliknya agregat yang bersifat menolak air atau (*hidrofobik*) akan mengikat aspal dengan lebih baik

dan akan mengusir air yang mungkin dapat menyebabkan terjadinya *striping*, contoh agregat ini adalah batu kapur. Selain jenis agregat yang mempengaruhi ikatannya dengan aspal, bentuk partikel agregat yang kubikan, angular dan distribusi ukuran partikel serta permukaan agregat yang kasar juga cenderung memberikan ikatan yang baik antara agregat dan aspal.

### 2.2.1 Jenis Agregat (Kasar, Halus, *Filler*)

*Shell (1991)* mengelompokkan agregat menjadi 3 (tiga), yaitu :

#### a. Agregat kasar

yaitu batuan yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm). Dalam campuran agregat aspal, agregat kasar sangat penting dalam membentuk kinerja, karena stabilitas dari campuran diperoleh dari interlocking antar agregat.

#### b. Agregat halus

yaitu batuan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan No.200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus adalah memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui *interlocking* dan gesekan antar partikel.

#### c. Mineral pengisi (*filler*)

yaitu yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlampaui tinggi kadar *filler* cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas, pada sisi lain kadar *filler* yang terlampaui rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi.

### 2.2.2 Gradasi

Penentuan distribusi ukuran agregat akan mempengaruhi kekakuan campuran aspal, agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan campuran dengan kekakuan yang lebih besar dibandingkan agregat bergradasi terbuka. Dari segi kelelahan, kekakuan adalah suatu hal yang penting karena akan mempengaruhi tegangan dan regangan yang diderita campuran agregat aspal akibat beban dinamik lalu lintas.

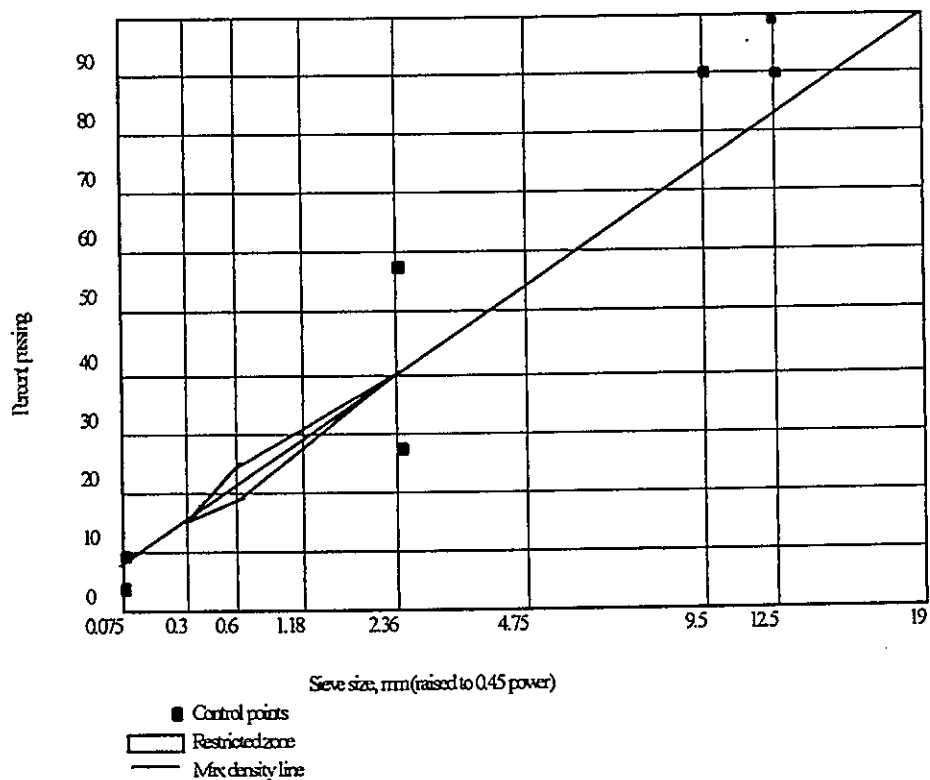
*Superpave* menetapkan gradasi dengan 2 (dua) spesifikasi khusus yaitu target gradasi berada dalam batas titik-titik kontrol (*control point*) dan menghindari daerah penolakan (*restricted zone*). Titik-titik kontrol berfungsi sebagai batas rentang dimana suatu target gradasi harus lewat Titik-titik tersebut diletakkan di ukuran maksimum nominal dan di pertengahan saringan (2,36 mm) dan ukuran saringan terkecil (0,075 mm), seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1. Daerah penolakan terletak diantara pertengahan saringan dan saringan 0,3 mm. Gradasi yang melewati daerah penolakan disebut “*humped gradation*” karena bentuk hump (punggung bukit) daerah ini. Di dalam campuran, daerah penolakan ini menunjukkan terlalu banyak pasir halus dari seluruh total pasir, sehingga mengalami kesulitan dalam pemadatan dan mengurangi ketahanan terhadap deformasi selama umur rencana. Gradasi agregat gabungan yang mengikuti garis kepadatan (*density*) maksimum seringkali memberikan VMA (*void in mineral aggregate*) yang tidak mencukupi untuk memberikan kadar aspal yang sesuai dalam menghasilkan keawetan campuran agregat aspal.

Kennedy (1996) menyarankan untuk menghasilkan kinerja jalan yang baik dengan volume lalu lintas yang tinggi dipilih target gradasi agregat gabungan yang lewat di bawah daerah penolakan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Tabel 2.1. Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan		% Berat yang lolos						
		Latasir (SS)		Lataston (HRS)		Laston (AC)		
Inch.	Mm	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	BC	Base
1,5	37,5							100
1	25							90-100
¾	19	100	100	100	100	100	90-100	Maks.90
½	12,5			90-100	90-100	90-100	Maks.90	
3/8	9,5	90-100		75-85	65-100	Maks.90		
#8	2,36		75-100	50-72	35-65	28-58	23-39	19-45
#16	1,18							
#30	0,60			35-60	15-35			
#200	0,075	10-15	8-13	6-12	2-9	4-10	4-8	3-7
						DAERAH LARANGAN		
#4	4,75					-	-	39,5
#8	2,36					39,1	34,6	26,8-30,8
#16	1,18					25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1
#30	0,60					19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6
#50	0,30					15,5	13,7	11,4

Sumber : Puslitbang Prasarana (Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas)



### 2.3. Aspal

Aspal adalah bahan padat atau semi padat yang merupakan senyawa hidrokarbon, berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang tersusun dari *asphaltene* dan *maltense*. Menurut *Shell* (1990), di dalam aspal tersusun atas dua jenis kimia yang dominan yaitu *asphaltene* dan *maltense*. *Maltense* sendiri terdiri atas tiga jenis yaitu *saturates*, *aromatic*, dan *resins*. Keempat jenis kimia inilah yang mempengaruhi *rheology* aspal. *Asphaltene* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang mengandung Karbon, Hidrogen, sedikit Nitrogen, Sulfur dan Oksigen, sangat berperan dalam karakteristik reologi aspal. Kandungan *asphaltene* yang tinggi menyebabkan aspal menjadi keras dengan nilai penetrasi yang rendah. Besarnya kandungan *asphaltene* dalam aspal adalah 5%-25%. *Resin* serupa dengan *asphaltene*, berwarna coklat kehitaman berbentuk solid ataupun semi-solid. Kandungan *resin* dalam aspal menyebabkan adhesi aspal menjadi lebih kuat. *Aromatic* merupakan molekul aspal yang paling ringan, dan paling banyak terkandung di dalam aspal yaitu sebesar 40% sampai 65%, merupakan medium dispersi dari *asphaltene*, serta mempunyai kemampuan yang tinggi untuk melarutkan molekul hidrokarbon berat lainnya. *Saturates* bersama-sama dengan *Alkaline Neptane* dan sedikit *Alkaline-Aromatic* merupakan cairan minyak non polar berwarna putih atau bening.

Menurut *Kerbs* (1971) aspal adalah suatu suspensi koloida dari *asphaltenes* dalam suatu medium *oil* dengan dengan *resin* didalamnya yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pengumpalan pada *asphaltenes*. *Resin* juga berperan pada sifat adesif duktilitas aspal, sedangkan *oil* berperan pada viskositas dan *flow*

Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dari kekuatan masing-masing agregat. Aspal yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil penyulingan minyak mentah produksi Pertamina dan penyulingan minyak mentah produksi *Esso Singapura*.

Aspal merupakan material yang bersifat *visco-elastis* dan memiliki ciri-ciri yang beragam mulai dari yang bersifat sangat lekat sampai yang bersifat elastis. Diantara sifat-sifat aspal lainnya adalah:

- a. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan-regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.
- b. Aspal mempunyai sifat *Rheologic*, yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat, sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).
- c. Aspal adalah bahan yang *Thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer, demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Namun pemanasan yang berlebihan terhadap aspal akan merusak molekul-molekul dari aspal, misalnya aspal menjadi getas dan rapuh.

Pada saat pemadatan dan pencampuran, sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viskositasnya, sedangkan pada sebagian besar kondisi saat masa layan, aspal mempunyai sifat viskositas yang diwujudkan dalam suatu modulus kekakuan (*Sheell*, 1991)

Dilihat dari sifat kekerasannya, *The Asphalt Institute* (1995), menekankan agar penggunaan aspal keras pada perkerasan jalan tergantung dari tipe perkerasan dan kondisi iklimnya, yang terdapat pada Tabel 2.2 berikut ini:

**Tabel 2.2.** Penetrasi aspal untuk berbagai kondisi iklim

Perkerasan untuk	Iklim			
	Panas kering	Panas Lembab	Sedang	Dingin
<b>JALAN RAYA (lalu lintas)</b>				
LL Berat	60-70	60-70	85-100	85-100
LL. Sedang & Ringan	85-100	85-100	85-100	85-100

Sumber: *Asphalt Institute* (1995)

Nilai viscositas aspal, biasanya ditentukan berdasarkan besarnya penetrasi pada masing-masing aspal tersebut. Jenis aspal dengan penetrasi rendah biasanya digunakan untuk lalu lintas berat dan cuaca yang panas begitu pula sebaliknya.

#### 2.4. Persyaratan perencanaan campuran beraspal

Perencanaan campuran mencakup kegiatan pemilihan dan penentuan proporsi material untuk mencapai sifat-sifat akhir dari campuran aspal yang diinginkan (*Asphalt Institute, 1993*). Tujuan dari perencanaan campuran aspal adalah untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi agregat dan aspal yang akan menghasilkan campuran aspal yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Stabilitas adalah kemampuan campuran untuk melawan deformasi atau perubahan bentuk yang disebabkan beban lalu lintas. Stabilitas tergantung dari gaya gesek (*internal friction*) dan kohesi (*cohesion*). Sedangkan gaya gesek tergantung pada *surface texture*, gradasi agregat, bentuk kombinasi dari gaya gesek dan kemampuan saling mengunci dari agregat pada campuran.
- b. Fleksibilitas adalah kemampuan lapis permukaan untuk menyesuaikan perubahan bentuk yang terjadi dibawahnya tanpa mengalami retak-retak, sifat ini bertolak belakang dengan stabilitas, maka dalam perencanaan kedua sifat ini diusahakan dicapai optimumnya, karena usaha memaksimalkan sifat yang satu berarti meminimumkan sifat yang lainnya. Umumnya fleksibilitas campuran aspal akan tinggi dengan menambahkan kadar aspal, menggunakan aspal dengan daktilitas tinggi, mengurangi tebal lapis keras dan menggunakan gradasi agregat relatif terbuka.
- c. Durabilitas adalah kemampuan campuran untuk mempertahankan kualitasnya dari kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu lintas (*oksidasi, stripping, disintegrasi dari agregat*). Faktor-faktor yang dapat meningkatkan durabilitas campuran beraspal adalah kadar aspal yang tinggi, gradasi agregat yang rapat, pemadatan yang baik, campuran yang rapat air serta kekerasan batuan penyusun lapisan perkerasan jalan.



- d. *Impermeability* adalah sifat kedap air dan udara yang dimiliki campuran, hal ini erat kaitannya dengan jumlah rongga dalam campuran yang dapat mempengaruhi durabilitas lapis perkerasan. Permukaan perkerasan dapat dimungkinkan kedap air dengan cara, menggunakan gradasi rapat dan atau memperbesar kadar aspal agar nilai *VIM* kecil.
- e. *Fatigue Resistance* adalah kemampuan perkerasan terhadap kelelahan akibat beban yang berulang-ulang (*load repetition*) dari beban lalu lintas tanpa mengalami retak. Nilai *fatigue resistance* dapat dinaikkan dengan cara, mempertinggi kadar aspal, mempertebal lapis permukaan dan memperkecil rongga terhadap campuran.
- f. *Skid Resistance* adalah kekesatan lapis permukaan yang akan berkaitan dengan kemampuan permukaan lapis keras tersebut untuk melayani arus lalu lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi *skidding-slipping* pada saat kondisi permukaan basah. Nilai kekesatan yang tinggi dapat diperoleh dengan cara, menggunakan agregat dengan mikrotekstur tinggi dan nilai abrasi rendah, membuat kondisi permukaan sehingga mempunyai makrotekstur tinggi misalnya dengan *chipping* dan mengurangi kadar aspal.
- g. Pemadatan adalah proses pemampatan yang memberikan volume terkecil, menggelincir rongga sehingga batas yang disyaratkan dan menambah kepadatan optimal. Mengingat efek yang timbul oleh pengaruh udara, air serta pembebanan oleh arus lalu lintas apabila rongga dalam campuran tidak memenuhi syarat yang ditentukan. hal ini harus dihindari supaya tidak terjadi penyimpangan. Pada pelaksanaan pemadatan dilapangan sangat rawan akan terjadinya penyimpangan, baik alat-alat yang digunakan tidak sesuai standar yang ditetapkan maupun jumlah lintasannya.

*Hughes* dalam Fauziah (2001) menyatakan bahwa sifat fisik maupun mekanis campuran aspal sangat dipengaruhi oleh teknik pemadatan benda uji, untuk itu pemilihan teknik pemadatan laboratorium berpengaruh sangat nyata terhadap campuran aspal sebagai bahan pembentuk lapis perkerasan jalan.

Pemadatan pada hakekatnya adalah untuk memperluas bidang sentuh antar butiran, sehingga mempertinggi *internal friction* yaitu gesekan antar butiran

- agregat dalam campuran. Pemadatan merupakan suatu upaya untuk memperkecil jumlah *VIM*, sehingga memperoleh nilai struktural yang diharapkan.
- h. *Workability* adalah sifat kemudahan dari campuran agregat aspal untuk dilaksanakan meliputi pencampuran, penghamparan dan pemadatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah, gradasi agregat, temperatur campuran, kandungan *filler*.

Pengujian sifat-sifat campuran agregat aspal digunakan prosedur *Marshall* serta tambahan prosedur *Percentage Refusal Density (PRD)* sesuai RSNI PU 1999 tentang Tata Cara Penentuan Kepadatan Mutlak Campuran Beraspal Panas. Pemadatan *PRD* dapat dilakukan dengan pemadat getar (*vibrating hammer*) atau mengikuti prosedur *Marshall Modified*, tetapi dengan jumlah tumbukan 400 kali tiap muka (*extended Marshall*).

## 2.5. Metoda Pengujian *Marshall*

Konsep dasar dari metoda *Marshall* dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan didalam *American Society for Testing and Material 1989 (ASTM d-1559)*.

Dua parameter penting yang ditentukan dalam pengujian tersebut, seperti beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau *Marshall Stability* dan deformasi permanen dari sampel sebelum hancur, yang disebut *Marshall Flow*, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *Marshall Stability* dengan *Marshall Flow* yang diebut dengan *Marshall Quotient*, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (*speudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi permanen (*Shell, 1991*).

Pada sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air jauh lebih besar jika dibandingkan terhadap aspal, karena air memiliki *wetting power* yang jauh lebih besar dari aspal. Keberadaan debu yang berlebihan pada agregat juga akan berakibat kegagalan pengikatan ataupun berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran beraspal. (Hunter, 194).

Uji perendaman *Marshall* (*Marshall Immersion Test*) merupakan uji lanjutan dari uji *Marshall* sebelumnya, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh air dan suhu (*water sensitivity and temperature susceptibility*). Ada beberapa cara yang digunakan untuk menilai tingkat durabilitas campuran beraspal, salah satunya adalah dengan mencari Indeks Kekuatan Sisa (IKS)/ *Marshall Retained Strength Index* atau dengan cara lain yaitu dengan menghitung Indeks Penurunan Stabilitas (IPS). Perbedaan keduanya adalah dasar perbandingan dari variasi lamanya perendaman dalam alat *waterbath*. Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-2990.

## 2.6 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini, diharapkan, bahwa pengaruh sampai tingkat kepadatan membal (*refusal density*) terhadap sifat *Marshall* berdasarkan spesifikasi baru beton aspal pada *AC-WC* menggunakan jenis aspal *Esso* dan aspal *pertamina* dengan konsistensi yang sama yang ditunjukkan oleh nilai penetrasi 60/70 akan memenuhi batas masa layanan lalu lintas, dalam batas pengaruhnya terhadap sifat *Marshall* seperti densitas, stabilitas, *flow*, *VIM* (*Void In the Mix*), *VFA* (*Void Fill with Asphalt*), *VMA* (*Void Mix Aggregate*), *Marshall Quotient*.

Signifikansi pengaruh tingkat kepadatan membal terhadap nilai durabilitas dari campuran beraspal panas menggunakan jenis aspal *Esso* dan aspal *pertamina* diharapkan akan dapat meningkat dengan ditunjukkan pada nilai indeks kekuatan sisa (*Index of retained Strength*) yang terjadi diatas 85%.

## 2.7. Hasil Penelitian yang relevan.

Sampai saat ini belum banyak para ahli yang melakukan penelitian mengenai pengaruh tingkat kepadatan dan durabilitas pada konsistensi aspal penetrasi 60/70 berdasarkan spesifikasi baru beton aspal, salah satu diantaranya adalah :

- a. Penelitian yang dilakukan oleh Andik Suharyadi (1998), pengaruh jumlah tumbukan terhadap sifat *Marshall* pada beton aspal dan *SMA* grading tengah, penelitian ini memakai variasi jumlah tumbukan 2 x 50 ; 2 x 75; 2 x 100; 2 x 200; 2x300; 2 x 400. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perilaku campuran beton aspal dan *SMA* ditinjau dari sifat *Marshall* setelah dilakukan pemadatan lanjutan. Hasil dari penelitian tersebut yaitu semakin bertambah jumlah pemadatan, akan mengakibatkan densitas, stabilitas, *VFA* (*Void Fill with Asphalt*), *VMA* (*Void Mix Aggregate*), *Marshall Quotient*, naik sebaliknya *flow*, *VIM* (*Void In the Mix*), menurun.
- b. Penelitian yang dilakukan oleh Ansori (2000), pengaruh jumlah tumbukan terhadap sifat *Marshall* dan durabilitas dengan waktu rendaman 48 jam pada beton aspal, *HRS*, *SMA* dan *superpave*, penelitian ini memakai variasi jumlah tumbukan 2 x 63 ; 2 x 75; 2 x 100; 2 x 159; dan 2 x 252. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perilaku campuran beton aspal, *HRS*, *SMA* dan *Superpave* ditinjau dari sifat *Marshall* setelah dilakukan pemadatan lanjutan. Hasil dari penelitian tersebut yaitu semakin bertambah jumlah pemadatan, akan mengakibatkan densitas, stabilitas, *VFA* (*Void Fill with Asphalt*), *VMA* (*Void Mix Aggregate*), *Marshall Quotient*, naik sebaliknya *flow*, *VIM* (*Void In the Mix*), menurun.
- c. Penelitian yang dilakukan oleh Rulia Kuswidati (2002), pengaruh variasi peningkatan jumlah tumbukan terhadap sifat *Marshall*, durabilitas dengan waktu rendaman 24 jam dan Nilai Kohesi pada beton aspal dengan menggunakan agregat dari batu bulat, penelitian ini memakai variasi jumlah tumbukan 2 x 75; 2 x 100; 2 x 125; dan 2 x 150. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perilaku campuran beton aspal dengan menggunakan agregat

batu bulat ditinjau dari sifat *Marshall* dan nilai Kohesi setelah dilakukan pemadatan lanjutan. Hasil dari penelitian tersebut yaitu campuran beton aspal dengan menggunakan agregat batu bulat dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat batu pecah pada AC grading IV dan memenuhi spesifikasi dari Bina Marga IRE (1998).

Relevansi penelitian yang dilakukan kali ini dengan penelitian sebelumnya antara lain dilakukannya variasi jumlah tumbukan, walaupun jumlah tumbukan yang divariasi berbeda-beda juga jenis campuran beraspal berbeda pula.

Sedangkan perbedaan dengan penelitian-penelitian terdahulu, dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian tentang peningkatan pemadatan yang ditunjukkan dalam variasi jumlah tumbukan campuran beton aspal pada laston (*AC-WC*) dengan menggunakan jenis aspal yang berbeda aspal *Esso* dan aspal *pertamina* menggunakan penetrasi 60/70, berdasarkan spesifikasi baru, variasi jumlah tumbukan 2 x 75; 2 x 150; 2 x 225; 2 x 300; dan 2 x 400. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perilaku campuran beton aspal ditinjau dari sifat *Marshall* dan Durabilitas pada rendaman 0,5 jam dan 24 jam, pada pemadatan standar maupun setelah dilakukan pemadatan lanjutan.

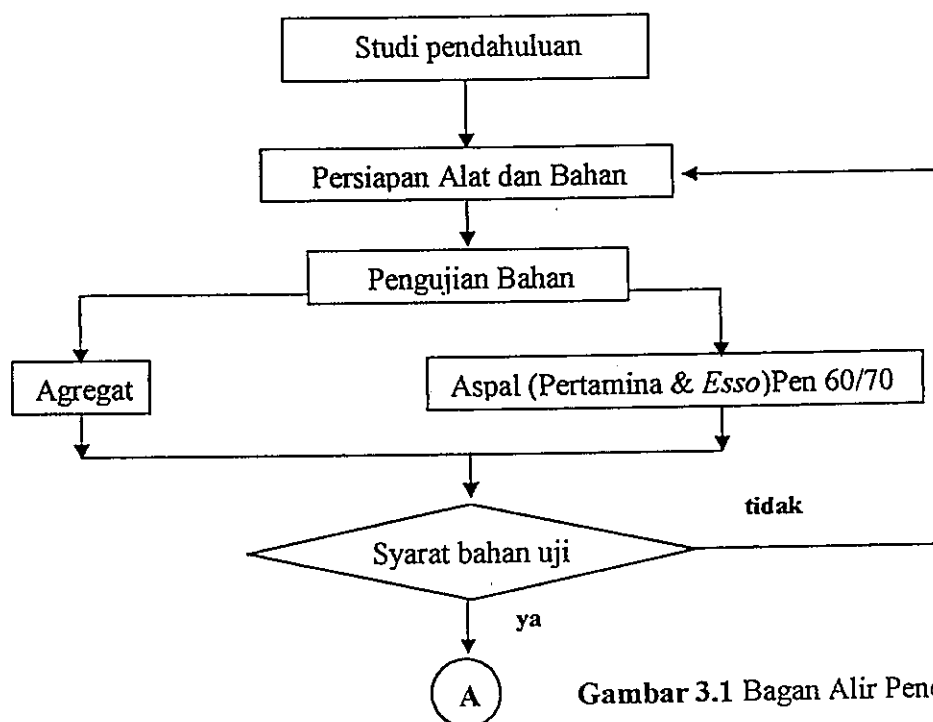
### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Metode dan disain

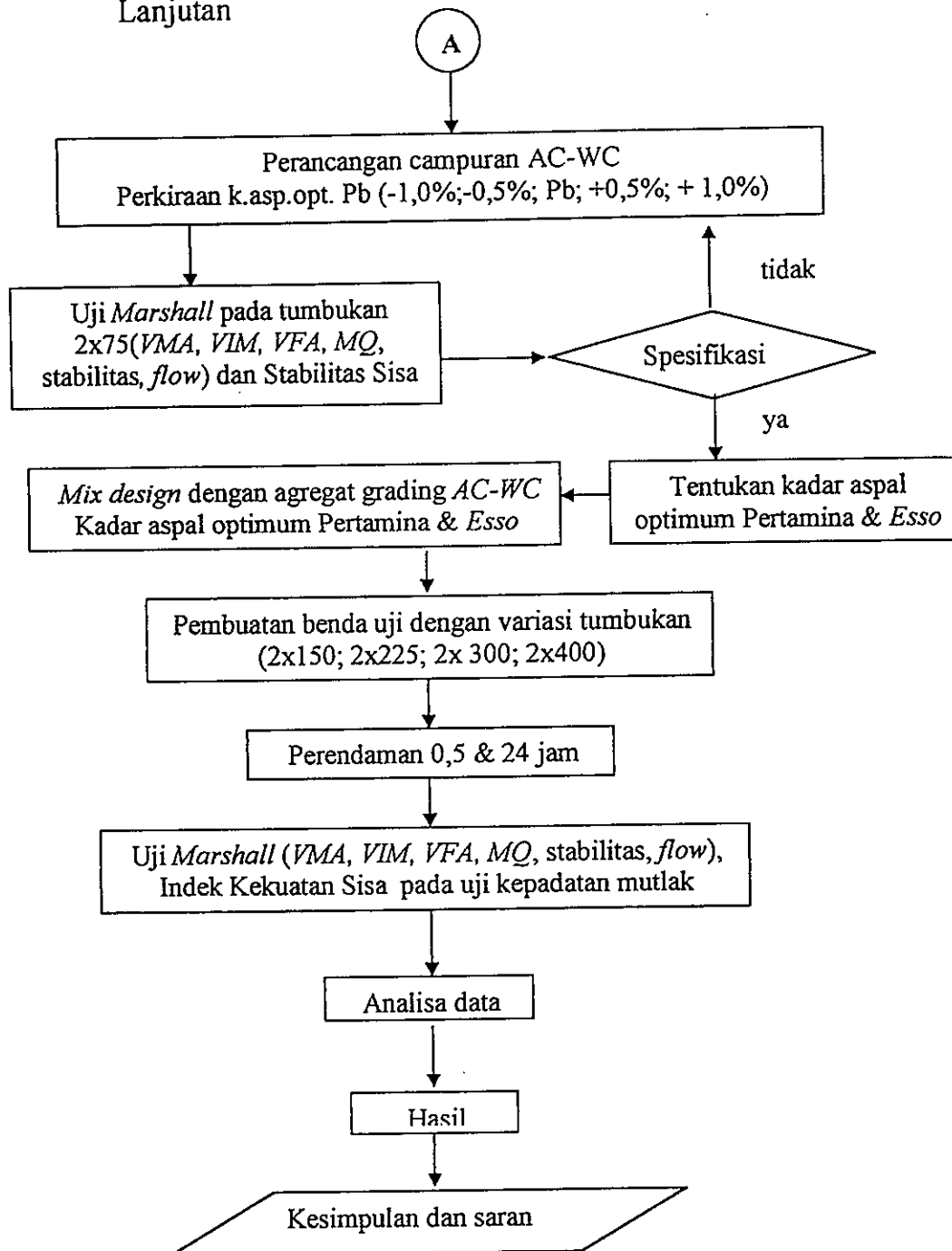
Penelitian dilakukan di laboratorium, sedangkan metode pengujian secara umum mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI), RSNI Bina Marga 1999 tentang Tata Cara Penentuan Kepadatan Mutlak Campuran Beraspal Panas, Revisi Spesifikasi Puslitbang/Kimpraswil Agustus 2001, maupun metode dari *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), *American Society for Testing and Materials* (ASTM), *British Standards Institution* (BS) bilamana diperlukan.

Pelaksanaan dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu pemeriksaan bahan (agregat ,aspal), penentuan gradasi campuran (target gradasi) dan pembuatan resep campuran , pengujian Marshall, dan secara skematis dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

Lanjutan



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian (lanjutan)

### 3.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Agregat kasar, berasal dari kali krasak dan diperoleh dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP PT. Adhi Karya Semarang.
- b. Begitu pula untuk agregat pengisi (*filler*) yang digunakan adalah abu batu dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) dari AMP PT. Adhi Karya Semarang.
- c. Agregat halus (pasir kali) menggunakan pasir kali asal Muntilan, juga diperoleh dari AMP PT. Adhi Karya Semarang.
- d. Untuk bahan aspal menggunakan aspal *ESSO Singapore* aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70

### 3.3. Peralatan Penelitian

- a. Alat uji pemeriksaan aspal

Digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), alat uji kelarutan.

- b. Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), saringan standar, alat pengering (oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), alat uji indeks kepipihan, bak perendam dan tabung *sand equivalent*.

- c. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*, meliputi:

- 1) Alat tekan *Marshall* yang terdiri kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji pengukur kelelahan palstis (*flowmeter*).
- 2) Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 in) dengan tinggi 7,5 cm (3 in) untuk *Marshall* standar dan diameter 15,24 cm (6 in)



dengan tinggi 9,52 cm untuk *Marshall* modifikasi dan dilengkapi dengan plat dan leher sambung.

- 3) Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3.86 inch), berat 4,5 kg (10 lb) dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 in) untuk *Marshall* standar.
- 4) Ejektor untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.
- 5) Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu.
- 6) Alat-alat penunjang meliputi panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaos tangan anti panas, kain lap, kaliper, spatula, timbangan dan spidol untuk menandai benda uji.

### 3.4. Dasar Perhitungan

Departemen Kimpraswil / Puslitbang Prasarana Transportasi Jalan (1999), mensyaratkan perhitungan-perhitungan untuk campuran Laston *AC Wearing Course* yang harus digunakan pada setiap rancangan campuran suatu lapis perkerasan. Perhitungan tersebut digunakan untuk menganalisis atau membahas data-data yang dihasilkan dari uji *Marshall*.

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### 3.4.1. Berat Jenis *Bulk* dan *Apparent* dari Total Agregat

Total agregat terdiri dari fraksi agregat kasar, agregat halus dan *filler*, yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, sehingga berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat dapat dihitung berdasarkan persamaan 3.1 dan 3.2 dibawah ini :

- a. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat:

$$Gsb_{tot \text{ agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \dots\dots\dots(3.1)$$

- b. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat

$$Gsa_{tot \text{ agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsa_1} + \frac{P_2}{Gsa_2} + \frac{P_3}{Gsa_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsa_n}} \dots\dots\dots(3.2)$$

### 3.4.2. Berat jenis Efektif dari Total Agregat.

Berat jenis efektif dari total agregat dapat dicari berdasarkan hasil pengujian Kepadatan Maksimum Teoritis dengan menggunakan persamaan 3.3 dan 3.4, dibawah ini :

Berat jenis efektif dari total agregat

$$a. \quad G_{se\text{ tot agregat}} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$b. \quad G_{se\text{ tot agregat}} = \frac{100 - P_b}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots(3.4)$$

### 3.4.3. Volume Campuran dan berat Jenis Campuran setelah Pemadatan

a. Volume campuran setelah pemadatan

$$V_{bulk} = V_{SSD} - W_w \dots\dots\dots(3.5)$$

b. Berat jenis campuran setelah pemadatan

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}} \dots\dots\dots(3.6)$$

c. Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan ( $G_{mm}$ )

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{100 - P_b}{G_{se\text{ tot agregat}}} + \frac{P_b}{G_{sb\text{ tot agregat}}}} \dots\dots\dots(3.7)$$

### 3.4.4. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat total agregat, dan bukan terhadap terhadap campuran. Persamaan penyerapan aspal ( $P_{ba}$ ) seperti pada persamaan 3.8, dibawah ini

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} \times G_b \dots\dots\dots(3.8)$$

### 3.4.5. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif ( $P_{be}$ ) campuran beraspal adalah total kadar aspal dikurangi jumlah kadar aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar, yang akan menentukan kinerja perkerasan, dimana Persamaan kadar aspal efektif ( $P_{be}$ ) seperti pada persamaan 3.9, dibawah ini

$$P_{be} = P_b \times \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

### 3.4.6. Rongga Udara (*Air Voids*)

#### a. Rongga udara dalam campuran ( $V_a$ ) atau $VIM$

Rongga udara dalam campuran ( $V_a$ ) atau  $VIM$  dalam campuran beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume udara dalam campuran beraspal dapat ditentukan dengan persamaan Rongga udara dalam campuran (*Void In The Mixture/ VIM*) seperti pada persamaan (3.10)

$$VIM = 100 - 100 \times \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \quad \dots\dots\dots(3.10)$$

#### b. Rongga udara antar mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat/ VMA*)

Rongga udara antar mineral agregat ( $VMA$ ) merupakan ruang rongga diantara partikel agridat pada campuran beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang terserap agregat).  $VMA$  direncanakan berdasarkan berat jenis *bulk* ( $G_{sb}$ ) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran beraspal. Persamaan  $VMA$  terhadap campuran beraspal, seperti persamaan (3.11), dibawah ini :

$$VMA = 100 - \left[ (100 - P_b) \times \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \right] \quad \dots\dots\dots(3.11)$$

#### c. Rongga udara yang terisi aspal (*Voids Filled with Asphalt/ VFA*)

Rongga udara yang terisi aspal ( $VFA$ ) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang

terserap oleh agregat. Persamaan *VFA* terhadap campuran beraspal, seperti persamaan (3.12), dibawah ini :

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(3.12)$$

### 3.4.7. Stabilitas dan Flow

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai yang ditunjukkan oleh jarum di dial stabilitas pada alat *test Marshall*, kemudian dikonversikan pada tabel kalibrasi sesuai *proving ring* yang digunakan dalam penelitian ini digunakan *proving ring* dengan kekuatan 10.000 lbf (5.000 kgf). Selanjutnya nilai stabilitas tersebut harus disesuaikan dengan angka koreksi akibat dari tebal benda uji. Untuk nilai *Flow* ditunjukkan pada angka pada jarum dial *flow*, satuan pada dialnya sudah sesuai dalam satuam mm (milimeter), sehingga tidak diperlukan lagi konversi angka dan kalibrasi jarum dial *flow*.

### 3.4.8. Marshall Quotient dan Indeks Kekuatan Sisa

- a. *Marshall Quotient (MQ)*, merupakan hasil bagi dari stabilitas dibagi *flow*, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.13), seperti dibawah ini :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(3.13)$$

Selanjutnyadilakukan uji rendaman *Marshall* selama 24 jam untuk mendapatkan nilai indeks stabilitas sisa

- b. Indeks Kekuatan sisa ( IKS ) :

$$IKS = \left[ \frac{MSi}{MSs} \right] \times 100 \% \dots\dots\dots(3.14)$$

### 3.4.9. Dust Proportion

*Dust Proportion (DP)* merupakan nilai perbandingan antara prosentase kadar *filler* terhadap prosentase kadar aspal, tujuannya adalah untuk merencanakan kondisi campuran yang terbaik. Nilai *Dust Proportion (DP)* yang terlalu tinggi menyebabkan campuran beraspal menjadi kurang menyatu antara

agregat kasar dan agregat halus yang diakibatkan penyerapan aspal oleh *filler* yang terlalu tinggi. *The Asphalt Institute*, (1995) menyebutkan, *dust proportion* yang baik berkisar antara 0,6 s/d 1,2. Persamaan yang digunakan seperti terlihat pada persamaan (3.15), seperti dibawah ini :

$$DP = P_f / P_b \dots\dots\dots(3.15)$$

Keterangan :

Gsb	= Berat jenis kering/ <i>bulk spesific gravity</i> (gr/cc)
Gsa	= Berat jenis semu/ <i>apparent spesific gravity</i> (gr/cc)
Gse	= Berat jenis efektif/ <i>bulk spesific gravity SSD</i> (gr/cc)
Gsb <sub>tot agregat</sub>	= Berat jenis kering agregat gabungan (gr/cc)
P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> , ...	= Prosentase berat dari masing-masing agregat
Gsb <sub>1</sub> , Gsb <sub>2</sub> , Gsb <sub>3</sub> , ...	= Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1,2,3..n
Gsa <sub>tot agregat</sub>	= Berat jenis semu agregat gabungan
Gsa <sub>1</sub> , Gsa <sub>2</sub> , Gsa <sub>3</sub> , ...	= Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1,2,3..n
Gse <sub>tot agregat</sub>	= berat jenis efektif agregat gabungan
Gse <sub>1</sub> , Gse <sub>2</sub> , Gse <sub>3</sub> , ...	= Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1,2,3..n
V <sub>bulk</sub>	= Volume campuran setelah pemadatan (cc)
W <sub>SSD</sub>	= Berat dalam kondisi kering permukaan (gr)
W <sub>w</sub>	= Berat dalam air (gr)
Gmb	= Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)
Gmm	= Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
P <sub>b</sub>	= Prosentase kadar aspal terhadap total campuran (%)
P <sub>ba</sub>	= Penyerapan aspal, persen total agregat (%)
P <sub>be</sub>	= Kadar aspal efektif, persentotal campuran (%)
P <sub>f</sub>	= Prosentase kadar <i>filler</i> terhadap total campuran (%)
P <sub>s</sub>	= Kadar agregat, persen total campuran (%)
G <sub>b</sub>	= Berat jenis aspal (gr/cc)
VIM	= Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total (%)
VMA	= Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total
VFA	= Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
MS	= <i>Marshall Stability</i>
MF	= <i>Kelelahan Marshall</i>
IRS	= Indeks perendaman/ indeks stabilitas sisa

Msi	= Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 24 jam pada temperatur 60°C
MSs	= Stabilitas <i>Marshall</i> standar pada perendaman selama 30-40 menit pada temperatur 60°C
Pf	= Prosentase <i>filler</i>
Pb	= Prosentase <i>bitumen</i>

### 3.5. Prosedur Penelitian

#### 3.5.1. Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Tujuan pemeriksaan bahan ini adalah untuk mengetahui apakah bahan yang digunakan dalam campuran aspal seperti agregat dan aspal telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan. Sedangkan spesifikasi yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari Standar Nasional Indonesia (SNI), *AASHTO*, dan *ASTM* lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1. Spesifikasi pengujian bahan agregat

No.	Karakteristik	Metode Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
I	Agregat Kasar				
1	Gradasi	RSNI Bina Marga 1999	-		
2	Berat Jenis Curah	SNI-M 09-1989-F		2,5	-
3	Berat Jenis SSD	SNI-M 09-1989-F	-	-	-
4	Berat Jenis Semu	SNI-M 09-1989-F	-	-	-
5	Penyerapan Air	SNI-M 09-1989-F	%	-	3
6	Abrasi Los Angeles	SNI-M-02-1990-F	%	-	40
7	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI-M-28-1990-1	%	95	-
II	Agregat Halus				
1	Gradasi	RSNI Bina Marga 1999	-	-	-
2	Berat Jenis Curah	SNI-03-1970-1990-F		2,5	
3	Berat Jenis SSD	SNI-03-1970-1990-F	-	-	-
4	Berat Jenis Semu	SNI-03-1970-1990-F	-	-	-
5	Penyerapan Air	SNI-03-1970-1990-F	%	-	3
6	Sand Equivalent	AASHTO T-84-1974	%	50	
III	Filler				
1	Berat Jenis Curah	SNI-15-2531-1991	gr/m <sup>3</sup>	0,5	9,0

Sumber: Spesifikasi Teknik Bina Marga (1983), P3TN (1993)

Persyaratan pengujian aspal jenis AC 60-70 seperti tertera dalam Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2. Persyaratan untuk aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Metode pengujian	Spesifikasi		Satuan
			Min	Max	
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	AASHTO T-96-1974	60	79	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan ball)	SNI M-20-1990-F	48	58	°C
3	Titik nyala (Cleveland open cup)	SNI M-19-1990-F	200	-	°C
4	Titik bakar	SNI M-19-1990-F	-	-	°C
5	Kehilangan Berat (163°C, 5 jam)	AASHTO T-96-1974	-	0.4	% berat
6	Kelarutan CCL <sub>4</sub>	AASHTO T-96-1974	99	-	% berat
7	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	AASHTO T-51-1974	100	-	Cm
8	Penetrasi setelah kehilangan berat	AASHTO T-96-1974	54	-	% semula
9	Berat jenis (25°C)	SNI M-30-1990-F	1	-	gt/cc

Sumber: Spesifikasi Teknik Bina Marga (1983), P3TN (1993)

### 3.5.2. Perencanaan Campuran Beraspal panas Laston AC-WC

Pada pertengahan tahun 2001 Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah mengeluarkan spesifikasi baru beton aspal campuran panas. Spesifikasi ini mengikuti trend perkembangan metoda perencanaan campuran beraspal panas yang berorientasi pada kinerja didasarkan pada pendekatan rasional atau mekanistik.

Karakteristik campuran beraspal panas berdasarkan kinerja (*performance based properties*) adalah karakteristik campuran yang berhubungan dengan respon perkerasan terhadap beban. Setelah sasaran kinerja tertentu didefinisikan maka target karakteristik campuran dapat ditetapkan, atau sebaliknya dengan mengetahui karakteristik campuran maka kinerja perkerasan dapat diperkirakan.

Penyempurnaan spesifikasi campuran beraspal panas, terutama diarahkan untuk mengantisipasi kerusakan berupa deformasi plastis. Walaupun demikian upaya tersebut dilakukan dengan tidak mengorbankan keawetan dan ketahanan campuran terhadap *fatig*. Salah satu jenis campuran yang dirangkum dalam spesifikasi baru tersebut adalah Laston AC-WC. Ketentuan sifat-sifat campurannya gradasi agregat untuk campuran aspal Spesifikasi baru beton aspal campuran panas dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Spesifikasi beberapa campuran beraspal

Sifat-sifat campuran			Latasir	Lataston		Laston		
			Kelas A & B	WC	Base	WC	BC	Base
Penyerapan kadar aspal		Maks	2,0	1,2 untuk lalu lintas > 1.000.000 ESA 1,7 untuk lalu lintas < 1.000.000 ESA				
Jumlah tumbukan per bidang			50	75				112 <sup>(1)</sup>
Rongga dalam campuran (VIM) (%) <sup>(4)</sup>	Lalu lintas (LL) > 1 juta ESA	Min	Tidak digunakan untuk LL berat			4,9		
		Maks				5,9		
	> 0,5 juta ESA & < 1 juta ESA	Min		4,0		3,9		
		Maks		6,0		4,9		
	Lalu lintas (LL) > 0,5 juta ESA	Min	30		3,0			
		Maks	60		5,0			
Rongga dalam agregat (VMA) %		Min	20	18	17	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA) %	Lalu lintas (LL) > 1 juta ESA	Min	Tidak gunakan untuk lalu lintas berat	65		65	63	60
	> 0,5 juta ESA & < 1 juta ESA	Min		68				
	Lalu lintas (LL) < 0,5 juta ESA	Min		75				
Stabilitas Marshall, (Kg)		Min	200	800		800 <sup>(1)</sup>		
		Maks	850	-				
Kelelehan/Flow, (mm)		Min	2	2		2 <sup>(1)</sup>		
		Maks	3	-				
Marshall Quotient (kg/mm)		Min	80	200		200		
Stabilitas Marshall sisa setelah perendaman, 24 jam, 60°C <sup>(5)</sup>		Min	85 untuk Lalu lintas > 1.000.000 ESA 80 untuk Lalu lintas < 1.000.000 ESA					
Rongga dim campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) <sup>(2,3)</sup>	Lalulintas (LL) > 1 juta ESA	Min	Tidak digunakan untuk LL berat			2,5		
		Maks						
	> 0,5 juta ESA & < 1 juta ESA	Min				2		
		Maks						
		Min	1					
		Maks						

Sumber : Spesifikasi baru beton aspal panas, Departemen Kimprawil, 2001

Catatan:

1. Modifikasi *Marshall*

- Untuk menentukan kepadatan membal (*refusal*), penumbuk getar disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbuk manual jumlah tumbukan per muka 600, untuk cetakan diameter 6 inc, dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inc.
- Untuk lalu-lintas yang sangat lambat atau lajur padat, gunakan kriteria *ESA* yang lebih tinggi.
- Berat jenis efektif agregat dihitung berdasar pada berat jenis maks. Agregat
- Direksi dapat menyetujui prosedur pengujian *AASHTO T.283* sebagai alternatif pengujian kepekaan kadar air. Pengondisian beku tidak diperlukan.



Untuk menentukan kadar aspal optimum diperkirakan dengan penentuan kadar aspal optimum secara empiris dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + K \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan :

$P_b$  = perkiraan kadar aspal terhadap campuran, persentase berat terhadap campuran

$CA$  = Agregat kasar tertahan saringan No. 8 (2,36 mm)

$FA$  = Agregat halus lolos saringan No. 8 (2,36 mm)

$FF$  = Bahan pengisi (filler) lolos saringan No. 200

$K$  = Konstanta 0,5- 1,0 untuk laston

#### a. Tahap I :

Berdasarkan perkiraan kadar aspal optimum  $P_b$  dibuat benda uji dengan jenis aspal yang berbeda, yaitu aspal *Esso* dan aspal *pertamina* dengan tiga variasi kadar aspal diatas  $P_b$  dan dua variasi kadar aspal dibawah  $P_b$  (-1,0 %;- 0,5 %; $P_b$ ; $+0,50$  %,  $+ 1,0\%$ ), masing-masing 4 (empat) benda uji terdiri dari 2 (dua) kering dan 2 (dua) rendaman. Kemudian dilakukan pengujian Marshall standar 2 x 75 tumbukan dan pengujian durabilitas untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan, dan hasil bagi marshall. Dari grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall , tentukan kadar aspal optimum.

#### b. Tahap II :

Buat 16 (enam belas) benda uji masing-masing pada jenis aspal *Esso* dan aspal *Pertamina* pada kadar aspal optimum, variasikan masing-masing kadar aspal optimum (-0,50%;  $K_{opt} + 0,50\%$  + 1,0%) dan lakukan kembali uji Marshall dengan kepadatan *membal/refusal* (2x150; 2x225; 2x300; 2x400) dan uji Durabilitas untuk menentukan VIM, VMA, VFA, kepadatan, stabilitas, kelelahan , hasil bagi Marshall dan persentase stabilitas sisa setelah perendaman.

Tabel 3.5. Jumlah sampel yang direncanakan

Tahap I : Uji *Marshall* standar Kadar Aspal Optimum dan Stabilitas Sisa

Jenis Aspal	Kadar Aspal (%)					Jumlah
	-1,0%	-0,5%	Pb	+0,5%	1%	
Aspal Esso	2D	2D	2D	2D	2D	10
	2S	2S	2S	2S	2S	10
Aspal Pertamina	2D	2D	2D	2D	2D	10
	2S	2S	2S	2S	2S	10
Sub total						40

Tahap II: Uji *Marshall* kepadatan mutlak Kadar Aspal Optimum

Jumlah Tumbukan	Kadar aspal jenis <i>Esso</i>				Jumlah
	-0,5%	Pb <sub>opt</sub>	0,5%	1%	
2 x 150	2D	2D	2D	2D	8
	2S	2S	2S	2S	8
2 x 225	2S	2S	2S	2S	8
	2S	2S	2S	2S	8
2 x 300	2D	2D	2D	2D	8
	2S	2S	2S	2S	8
2 x 400	2S	2S	2S	2S	8
	2S	2S	2S	2S	8
Sub total					64

Tahap II: Uji *Marshall* kepadatan mutlak Kadar Aspal Optimum

Jumlah Tumbukan	Kadar aspal jenis <i>Pertamina</i>				Jumlah
	-0,5%	Pb <sub>opt</sub>	0,5%	1%	
2 x 150	2D	2D	2D	2D	8
	2S	2S	2S	2S	8
2 x 225	2S	2S	2S	2S	8
	2S	2S	2S	2S	8
2 x 300	2D	2D	2D	2D	8
	2S	2S	2S	2S	8
2 x 400	2S	2S	2S	2S	8
	2S	2S	2S	2S	8
Sub total					64

Keterangan:

S = sampel diasumsikan dalam kondisi (*Soaked*) rendamanD = sampel diasumsikan dalam kondisi (*dry*) kering.

### 3.5.3 Pengujian Marshall

- a. Menimbang agregat sesuai dengan prosentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing fraksi dengan berat campuran kira-kira 1200 gram untuk diameter 4 inch, kemudian keringkan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap pada suhu  $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
- b. Memanaskan aspal untuk pencampuran yaitu pada viskositas kinematik  $170 \pm 20$  centistokes, agar temperatur pencampuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga rata.
- c. Setelah temperatur pemadatan tercapai yaitu pada viskositas kinematik  $280 \pm 30$  centistokes, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanasi ( $95^{\circ}\text{C}$  hingga  $150^{\circ}\text{C}$ ) dan diolesi vaselin terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas filter atau kerta lilin (*waxed paper*) yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan, sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali dibagian tepi dan 10 kali dibagian tengah.
- d. Pemadatan standar dilakukan dengan pemadat manual dengan jumlah tumbukan 75 kali dibagian sisi atas kemudian dibalik dan sisi bagian bawah juga ditumbuk sebanyak 75 kali.
- e. Pemadatan lanjutan untuk kepentingan kepadatan membal (*refusal*) dilaksanakan seperti cara pemadatan standar hanya tumbukannya dilakukan sebanyak 2 x 150; 2 x 225; 2x300; dan 2x400 kali.
- f. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode.
- g. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang beratnya di udara.
- h. Benda uji direndam dalam air selama 10 – 24 jam supaya jenuh,
- i. Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air,
- j. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) kemudian ditimbang,

- k. Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 30 hingga 40 menit. Untuk uji perendaman pada suhu  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- l. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- m. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, letakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan, arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
- n. Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- o. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 in.) per menit, hingga kegagalan benda uji terjadi yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibuka arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat benda uji mengalami kegagalan adalah merupakan nilai stabilitas Marshall
- p. Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan. Waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari rendaman air sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.
- q. Untuk pembuatan benda uji dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) jenis aspal, yaitu aspal *Esso* dan aspal *Pertamina* dengan tingkat penetrasi 60/70.
- r. Campuran agregat aspal standar dimasukkan kedalam cetakan dan ditumbuk tiap sisi sebanyak 75 kali pada temperatur  $\pm 140^{\circ}\text{C}$ .
- s. Campuran agregat aspal untuk mencapai kepadatan membal dimasukkan kedalam cetakan dan ditumbuk tiap sisi sebanyak 150; 225; 300; 400 kali pada temperatur  $\pm 140^{\circ}\text{C}$ .
- t. Setelah proses pemadatan selesai, benda uji didinginkan selama  $\pm 4$  jam, dan kemudian dilakukan test Marshall.

#### 3.5.4. Pengujian Indeks Kekuatan Sisa

Daya ikat berkelanjutan dari mortar terhadap agregat kasar dalam campuran bersifat sangat penting bagi kemampuan layanan dari perkerasan lentur. Ini karena salah satu kegagalan perkerasan lentur biasanya terkait dengan masalah kehilangan daya ikat ataupun pengelupasan film aspal dalam campuran. Pada sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air jauh lebih besar jika dibandingkan terhadap aspal, karena air memiliki *wetting power* yang jauh lebih besar dari aspal (Soeprapto, 1995). Keberadaan debu yang berlebihan pada agregat juga akan berakibat kegagalan pengikatan ataupun berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran. (Hunter, 1994).

Uji perendaman *Marshall* (*Marshall Immersion Test*) merupakan uji lanjutan dari uji *Marshall* sebelumnya, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran terhadap pengaruh air dan suhu (*water sensitivity and temperature susceptibility*). Ada beberapa cara yang digunakan untuk menilai tingkat durabilitas campuran, salah satunya adalah dengan mencari Indeks Kekuatan Sisa (IKS)/*Marshall Retained Strength Index*, nilai IKS diperoleh dengan cara membandingkan stabilitas setelah perendaman selama 24 jam pada suhu  $60^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  dengan stabilitas selama setengah jam pada suhu yang sama. Cara menghitungnya menggunakan persamaan 2.12, semakin besar nilai IKS maka semakin besar tingkat durabilitas campuran tersebut. Bina Marga mensyaratkan lebih besar dari 85% untuk menjamin campuran tidak mengalami kehilangan daya ikat. Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-1990. Perendaman benda uji dilakukan pada pada temperatur  $60^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. Masing-masing golongan terdiri dari 2 sampel yang direndam pada bak perendam.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengujian Material

Sebagaimana yang telah disampaikan pada bagan alir pengujian material dilakukan dengan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *AASHTO* sebagai acuan apabila pengujian yang dimaksud tidak terdapat dalam SNI, pengujian material meliputi : pemeriksaan sifat fisik aspal Pen 60/70 (ex Pertamina dan ex *Esso Singapore*), pemeriksaan sifat agregat ( kasar, halus dan *Filler*)

##### 4.1.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal

Pemeriksaan dilakukan terhadap sifat fisik aspal penetrasi 60/70 untuk ex Pertamina dan ex *Singapore* yang telah memenuhi spesifikasi SNI dan *AASHTO*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Hasil secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran B dan Lampiran C

**Tabel 4.1.** Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Pen 60/70. Ex Pertamina

No	Sifat-sifat	Satuan	Spesifikasi Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			Min	Max		
1	Penetrasi (25 <sup>0</sup> C, 100 gr, 5 detik)	0.1 mm	60	79	62	Memenuhi
2	Titik lembek ( <i>ring and ball test</i> )	<sup>0</sup> C	48	58	54	Memenuhi
3	Titik nyala ( <i>cleveland open cup</i> )	<sup>0</sup> C	200	-	321	Memenuhi
4	Kehilangan berat ( 163 <sup>0</sup> C, 5 jam	% berat	-	0.8	0.16	Memenuhi
5	Kelarutan (CCl <sub>4</sub> )	% berat	99	-	99.57	Memenuhi
6	Daktilitas (25 <sup>0</sup> C, 5 cm per menit)	Cm	100	-	>110	Memenuhi
7	Pen setelah kehilangan berat	% asli	54	-	97.9	Memenuhi
8	Daktilitas setelah kehilangan berat	Cm	50	-	>110	Memenuhi
9	Berat jenis (25 <sup>0</sup> C)	gr/cm <sup>3</sup>	1	-	1.032	Memenuhi

Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal Pen 60/70. *Ex Esso Singapore*

No	Sifat-sifat	Satuan	Spesifikasi Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			Min	Max		
1	Penetrasi (25 <sup>0</sup> C, 100 gr, 5 detik)	0.1 mm	60	79	66	Memenuhi
2	Titik lembek ( <i>ring and ball test</i> )	<sup>0</sup> C	48	58	48	Memenuhi
3	Titik nyala ( <i>cleaveland open cup</i> )	<sup>0</sup> C	200	-	315	Memenuhi
4	Kehilangan berat ( 163 <sup>0</sup> C, 5 jam	% berat	-	0.8	0.11	Memenuhi
5	Kelarutan (CCl <sub>4</sub> )	% berat	99	-	99.26	Memenuhi
6	Daktilitas (25 <sup>0</sup> C, 5 cm per menit)	cm	100	-	>110	Memenuhi
7	Pen setelah kehilangan berat	% asli	54	-	81	Memenuhi
8	Daktilitas setelah kehilangan berat	cm	50	-	>110	Memenuhi
9	Berat jenis (25 <sup>0</sup> C)	gr/cm <sup>3</sup>	1	-	1.035	Memenuhi

Aspal merupakan hasil dari sisa (residu) dari produksi minyak mentah, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa dilaboratorium, pemeriksaan aspal terdiri dari :

a. Pemeriksaan Penetrasi

Nilai penetrasi didapat dari uji penetrasi dari alat penetrometer pada suhu 25<sup>0</sup>C dengan beban 100 gr selama 5 detik, dimana dilakukan sebanyak lima kali. Dari hasil pemeriksaan kedua jenis aspal penetrasi 60/70 diatas menunjukkan hasil memenuhi persyaratan antara 60 mm – 79 mm.

b. Pemeriksaan Daktilitas Aspal

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik pada cetakan yang berisi aspal sebelum putus, pada suhu 25<sup>0</sup>C dengan kecepatan tarik 5 cm/menit. Besarnya daktilitas aspal 60/70 disyaratkan minimal 100 cm. Dari hasil uji pemeriksaan daltilitas terhadap kedua jenis aspal diatas diperoleh hasil diatas 110 cm, sehingga kedua jenis aspal penetrasi 60/70 diatas menunjukkan hasil memenuhi persyaratan.

c. Pemeriksaan Titik Lembek

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah mengukur nilai temperatur dimana bola-bola baja mendesak turun lapisan aspal yang ada pada cincin, hingga aspal

tersebut menyentuh dasar pelat yang terletak pada dibawah cincin pada jarak 1 (inch), sebagai akibat dari percepatan pemanasan tertentu. Berat bola baja 3,45 -3,55 gr dengan diameter 9,53 mm. Pemeriksaan ini diperlukan untuk mengetahui batas kekerasan aspal. Pengamatan titik lembek dimulai dari suhu  $5^{\circ}\text{C}$  sebagai batas paling tinggi sifat kekakuan dari aspal yang disebabkan sifat termoplastik. Untuk aspal keras jenis penetrasi 60/70, syarat titik lembek berkisar antara  $48^{\circ}\text{C} - 58^{\circ}\text{C}$ . Dari pengujian yang dilakukan diperoleh nilai untuk kedua jenis aspal diatas memenuhi syarat.

d. Pemeriksaan Titik Nyala

Pemeriksaan ini untuk menentukan suhu dimana diperoleh nyala pertama diatas permukaan aspal dan menentukan suhu dimana terjadi terbakarnya pertama kali diatas permukaan aspal. Dengan mengetahui nilai titik nyala dan titik bakar aspal, maka dapat diketahui suhu maksimum dalam memanaskan aspal sebelum terbakar. Besarnya titik nyala yang disyaratkan untuk penetrasi 60/70 minimal  $200^{\circ}\text{C}$ . Dari hasil pemeriksaan kedua jenis aspal diatas menunjukkan titik nyala dan titik bakar diatas persyaratan yang ditentukan

e. Pemeriksaan kehilangan berat

Pemeriksaan ini berguna untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan unsur-unsur aspal yang mudah menguap dalam aspal. Apabila aspal dipanaskan didalam oven pada suhu  $163^{\circ}\text{C}$  dalam waktu 4,5 – 5 jam, maka akan terjadi reaksi terhadap unsur-unsur pada aspal, sehingga dimungkinkan sifat aspal akan berubah, ini tidak diharapkan pada lapis perkerasan lentur dengan menggunakan aspal, untuk itu dipersyaratkan penurunan berat aspal maksimum adalah 0,8 % dari berat semula. Dari hasil pemeriksaan kedua jenis aspal diatas menunjukkan penurunan berat aspal memenuhi persyaratan yang ditentukan.

f. Pemeriksaan penetrasi setelah kehilangan berat.

Aspal yang dipanaskan pada suhu  $163^{\circ}\text{C}$ . Selama waktu  $\pm 5$ jam akan mengalami kehilangan berat, sebagai akibatnya aspal akan mengalami



perubahan sifat, perubahan ini akan diketahui dari pemeriksaan terhadap aspal tersebut. Pemeriksaan aspal dilakukan uji penetrasi setelah kehilangan berat yang pada umumnya aspal yang sudah mengalami penurunan berat akan mempunyai angka penetrasi yang lebih kecil dari angka penetrasi standarnya, dengan kata lain kekerasannya menjadi meningkat, tetapi bukan berarti kualitas aspal menjadi semakin baik, dikarenakan sifat aspal menjadi kurang lentur dan mudah retak, dalam hal ini justru akan mengurangi kualitas aspal. Dari hasil pemeriksaan diperoleh persentasi penetrasi setelah kehilangan berat dibandingkan dengan penetrasi standarnya (minimal 54%), dengan demikian kedua jenis aspal diatas memenuhi persyaratan.

g. Pemeriksaan kelarutan dalam Carbon tetra Clorida ( $CCl_4$ )

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah unsur aspal dalam  $CCl_4$ , dengan adanya bahan-bahan tidak terlarut dalam  $CCl_4$  menunjukkan adanya bahan lain yang terlarut dalam residu aspal. Persyaratan dalam pemakaian aspal yang diinginkan adalah aspal dalam kondisi tidak tercampur dengan bahan-bahan lain yang tidak terlarut dalam  $CCl_4$ , untuk aspal penetrasi 60/70 disebutkan minimal sebesar 99%. Dari hasil pemeriksaan diperoleh hasil diatas persyaratan dengan demikian kedua jenis aspal diatas memenuhi persyaratan.

h. Pemeriksaan berat jenis aspal

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama. Persyaratan yang ditentukan untuk berat jenis aspal adalah 1 gr/cc. Dari hasil pemeriksaan kedua jenis aspal diatas menunjukkan hasil diatas persyaratan, sehingga aspal ex Pertamina dan ex *Esso Singapore* dapat digunakan dalam penelitian sebagai bahan ikat pada campuran AC-WC.

Secara keseluruhan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik aspal Pen.(60/70) ex Pertamina dan ex *Esso Singapore* telah memenuhi standar spesifikasi aspal

penetrasi 60/70. Adapun dari hasil pengujian sifat-sifat fisik kedua jenis aspal dari hasil yang didapat tidak ada perbedaan yang signifikan.

#### 4.1.2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

Hasil pemeriksaan fisik agregat meliputi agregat kasar, agregat halus dan *filler* dipresentasikan pada Tabel 4.3. Hasil pemeriksaan fisik secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran D.

**Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat.**

No	Sifat-sifat	Sat.	Spesifikasi		Hasil Pemeriksaan	Keterangan
			Minimum	Maksimum		
Agregat Kasar						
1	Penyerapan air	%	-	3	1.18	Memenuhi
2	Berat jenis <i>bulk</i>	-	2,5	-	2.529	Memenuhi
3	Berat jenis semu	-	-	-	2.607	Memenuhi
4	Berat jenis efektif	-	-	-	2.559	Memenuhi
5	Tes abrasi Los Angeles	%	-	40	24.20	Memenuhi
6	Indeks kepipihan	%	-	25	15.39	Memenuhi
7	Kelekatan dengan aspal	%	95	-	98	Memenuhi
Agregat Halus						
1	Penyerapan air	%	-	3	1.833	Memenuhi
2	Berat jenis <i>bulk</i>	-	2,5	-	2.557	Memenuhi
3	Berat jenis semu	-	-	-	2.683	Memenuhi
4	Berat jenis efektif	-	-	-	2.604	Memenuhi
5	<i>Sand equivalent</i>	%	50	-	91.50	Memenuhi
Filler						
1	Berat jenis	-	-	-	2.625	Memenuhi

Hasil-hasil pengujian agregat menunjukkan bahwa baik agregat kasar, agregat halus dan *filler* memenuhi persyaratan. Agregat kasar batu kali berasal dari kali Progo, mempunyai nilai berat jenis *bulk* (curah) lebih besar dari nilai berat jenis minimal sebesar 2,5 gr/cc, sedangkan berat jenis semu dan berat jenis efektif tidak dipersyaratkan, tetapi sebaiknya mengacu pada persyaratan > 2,5 gr/cc, sedangkan penyerapan air diperoleh dari pengujian didapat hasil yang lebih kecil dari persyaratan yang ditetapkan sebesar 3%.

Untuk hasil pengujian keausan agregat kasar dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, menunjukkan bahwa agregat kasar yang akan digunakan tahan

terhadap abrasi, ini dapat dilihat dari hasil pengujian nilai keausan yang diperoleh lebih kecil dari persyaratan yang ditetapkan sebesar 40 %, sedangkan nilai kelekatan agregat kasar terhadap aspal, menunjukkan bahwa lebih dari 95 % sebagai persyaratan yang ditetapkan agregat kasar terselimuti aspal.

Pengujian Indek Kepipihan yang bertujuan untuk membatasi jumlah agregat kasar bentuk pipih dalam campuran yang ditunjukkan dalam nilai indek kepipihan. Dari hasil pengujian didapat nilai indek kepipihan dibawah batas maksimal yang dipersyaratkan sebesar 25 %.

Pada pengujian agregat halus, hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa agregat halus batu kali, berasal dari kali Progo , mempunyai nilai berat jenis *bulk* (curah) lebih besar dari nilai berat jenis minimal sebesar 2,5 gr/cc, sedangkan berat jenis semu dan berat jenis efektif tidak dipersyaratkan, tetapi sebaiknya mengacu pada persyaratan  $> 2,5$  gr/cc, sedangkan penyerapan air diperoleh dari pengujian didapat hasil yang lebih kecil dari persyaratan yang ditetapkan sebesar 3%.

Uji *sand equivalent* bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar lumpur pada agregat halus, sebagai persyaratan untuk nilai *sand equivalent* batas minimum 50 %, sedangkan hasil uji yang diperoleh dari agregat halus memenuhi batas minimum yang dipersyaratkan.

Pada pengujian untuk *filler* sebagaimana dipersyaratkan hanya diuji berat jenis tanpa dibatasi besarnya nilai berat jenisnya, sedangkan hasil uji yang diperoleh nilainya sebesar 2,625 gr/cc.

Secara keseluruhan baik agregat kasar, agregat halus dan *filler* telah memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran Spesifikasi baru pada Laston (AC-WC).

#### **4.1.3. Hasil Pengujian *Marshall* dan Indek Kekuatan Sisa (IKS) pada Kadar Aspal Optimum untuk Aspal Pertamina dan Aspal Esso**

Pengujian *Marshall* dan IKS dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah untuk mencari Kadar aspal optimum dengan tolok ukur besaran *VIM* antara

4.9 % - 5.9 % sesuai Spesifikasi baru sedangkan tahap kedua untuk mencari nilai karakteristik *Marshall* dan IKS campuran pada kondisi kepadatan sampai membal 2 x 150 tumbukan, 2 x 225 tumbukan, 2 x 300 tumbukan dan 2 x 400 tumbukan

Pada tahap pertama disiapkan masing-masing dua jenis sampel untuk kondisi *Dry* dan *Soaked*, dengan pembuatan benda uji dilakukan pada kadar aspal optimum perkiraan sebesar 5.5 % (sesuai dengan persamaan 3.1 halaman 35) terhadap total agregat dan dilakukan variasi kadar aspal pada 4.5 %, 5.0 %, 6.0 %, 6.5 %. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 dan hasil secara lengkap terdapat pada Lampiran E sampai dengan Lampiran H.

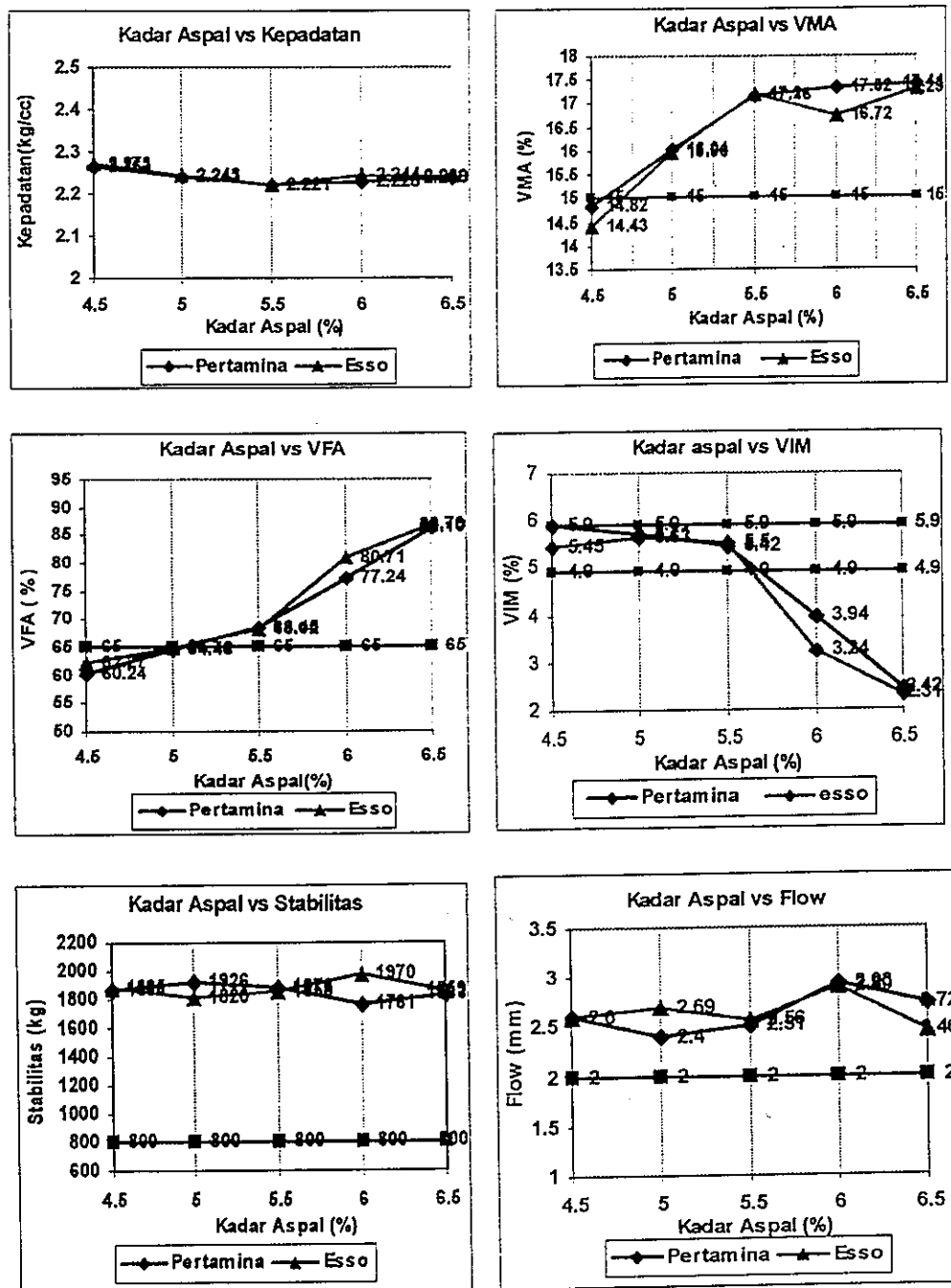
**Tabel 4.4.** Hasil Test *Marshall* Campuran AC-WC aspal Pertamina (2x75)

No	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap total agregat				
			4.5	5	5.5	6	6.5
1	Kepadatan ( gr/cc )	-	2.263	2.241	2.221	2.228	2.236
2	VMA ( % )	min 15	14.82	16.04	17.16	17.32	17.41
3	VFA ( % )	min 65	60.24	64.46	68.45	77.24	86.10
4	VIM ( % )	4.9 – 5.9	5.90	5.71	5.42	3.94	2.42
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1863	1926	1876	1761	1833
6	Kelelehan ( mm )	min 2.0	2.60	2.40	2.51	2.93	2.72
7	MQ ( kg/mm )	min 200	745	813	749	609	684
8	Stabilitas sisa (%)	85 %	85.25	94.11	97.99	96.01	88.61
9	Dust Proportion	0.6 – 1.2	1.11	1.00	0.91	0.83	0.77

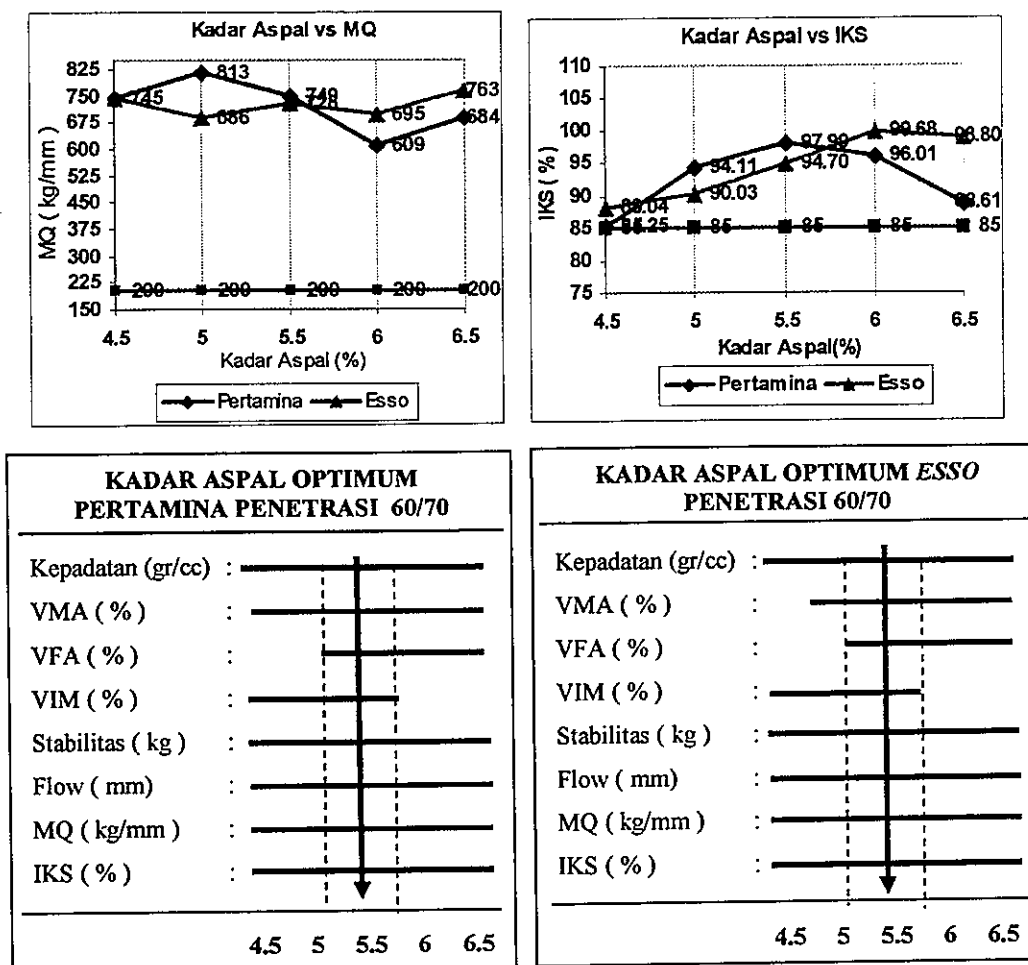
**Tabel 4.5.** Hasil Pengujian *Marshall* Campuran AC-WC aspal Esso (2x75)

No	Karakteristik	Syarat	% Kadar aspal terhadap total agregat				
			4.5	5	5.5	6	6.5
1	Kepadatan ( gr/cc )	-	2.273	2.243	2.221	2.244	2.239
2	VMA ( % )	min 15	14.43	15.96	17.20	16.72	17.29
3	VFA ( % )	min 65	62.27	64.72	68.02	80.71	86.79
4	VIM ( % )	4.9 – 5.9	5.45	5.63	5.50	3.24	2.31
5	Stabilitas ( kg )	min 800	1885	1820	1858	1970	1859
6	Kelelehan ( mm )	min 2.0	2.60	2.69	2.56	2.89	2.46
7	MQ ( kg/mm )	min 200	745	686	728	695	763
8	Stabilitas sisa (%)	85 %	88.04	90.03	94.7	99.68	98.8
9	Dust Proportion	0.6 – 1.2	1.11	1.00	0.91	0.83	0.77

Dari sifat-sifat campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* tersebut diatas, kemudian dibuat grafik seperti terlihat pada Gambar 4.1, untuk dianalisa dan mendapatkan kadar aspal optimum sesuai spesifikasi. Yang disyaratkan



Gambar 4.1 : Perbandingan hasil Uji *Marshall* untuk campuran beraspal dengan aspal Pertamina pen. 60/70 dan aspal Esso pen. 60/70



**Gambar 4.1 Lanjutan :** Perbandingan hasil Uji *Marshall* untuk campuran beraspal dengan aspal Pertamina pen. 60/70 dan aspal *Esso* pen. 60/70

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* tersebut diatas untuk jenis aspal Pertamina maupun aspal *Esso* pada tahap I, sesuai Spesifikasi baru serta dari hasil analisa seperti pada Gambar 4.1 didapat jenis aspal Pertamina yang memenuhi syarat untuk  $VFA > 65\%$  pada kadar aspal 5.1% - 6.5%,  $VIM_{4.9\% - 5.9\%}$  pada kadar aspal 4.5% - 5.7% dan  $VMA > 15\%$  pada kadar aspal 4.6% - 6.5%, ditentukan kadar aspal optimum jenis Pertamina 5.5 % dan untuk jenis aspal *Esso* yang memenuhi syarat untuk  $VFA > 65\%$  pada kadar aspal 5.1% - 6.5%,  $VIM_{4.9\% - 5.9\%}$  pada kadar aspal 4.5% - 5.8% dan  $VMA > 15\%$  pada kadar aspal 4.7% - 6.5%, ditentukan kadar aspal optimum jenis *Esso* 5.5 %. Selanjutnya

dilanjutkan pada penelitian tahap II yaitu untuk mencari nilai karakteristik *Marshall* dan IKS campuran pada kondisi kepadatan sampai membal.

Pada tahap II, juga disiapkan masing-masing dua jenis sampel untuk kondisi *Dry* dan *Soaked*, dengan pembuatan benda uji dilakukan pada kadar aspal optimum sebesar 5.5 %. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 dan hasil secara lengkap terdapat pada Lampiran I dan Lampiran J.

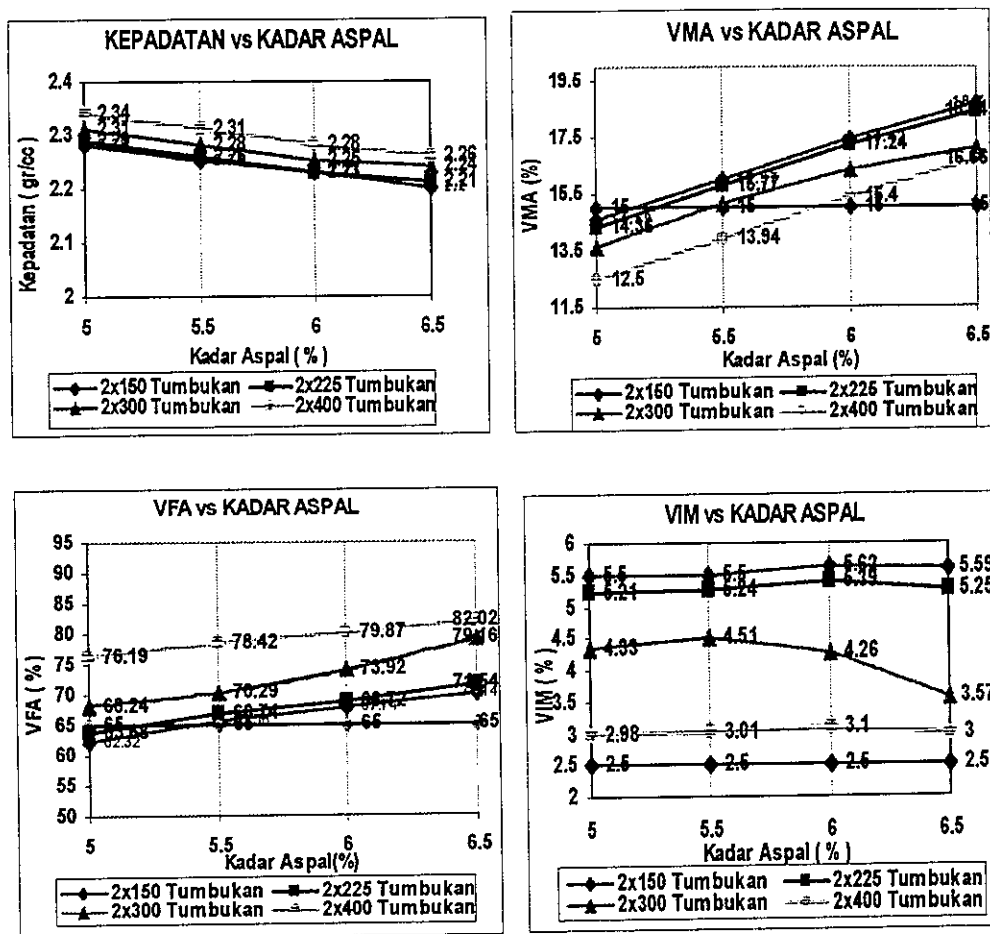
**Tabel 4.6.** Hasil Pengujian Marshall Campuran *AC-WC* aspal *Pertamina* pada kondisi *Refusal Density*

Karakteristik	2 x150 tumbukan				2x225 tumbukan				2x300 tumbukan				2x400 tumbukan			
Kadar aspal	5	5.5	6	6.5	5	5.5	6	6.5	5	5.5	6	6.5	5	5.5	6	6.5
Kepadatan ( gr/cc )	2.28	2.25	2.23	2.20	2.29	2.26	2.23	2.21	2.31	2.28	2.25	2.24	2.34	2.31	2.28	2.26
<i>VMA</i> ( % )	14.59	15.97	17.42	18.70	14.36	15.77	17.24	18.44	13.63	15.18	16.34	17.12	12.5	13.94	15.4	16.66
<i>VFA</i> ( % )	62.32	65.56	67.74	70.14	63.68	66.74	68.72	71.54	68.24	70.29	73.92	79.16	76.19	78.42	79.87	82.02
<i>VIM</i> ( % )	5.5	5.5	5.62	5.59	5.21	5.24	5.39	5.25	4.33	4.51	4.26	3.57	2.98	3.01	3.10	3.0
Stabilitas ( kg )	1680	1724	1704	1623	1767	1672	1695	1779	1747	1811	1835	1744	2044	1760	1851	1766
Kelelehan (mm)	2.02	2.14	2.33	2.08	2.03	2.50	2.10	2.10	2.06	2.15	2.21	2.56	2.05	2.06	2.05	2.30
<i>MQ</i> ( kg/mm )	830	821	770	780	873	680	813	871	850	848	835	695	998	855	907	783
Stabilitas sisa (%)	99.78	94.19	97.75	85.33	89.97	99.17	93.65	94.22	95.12	87.95	87.78	93.31	93.45	85.35	85.99	92.74
<i>Dust Proportion</i>	1	0.91	0.83	0.77	1	0.91	0.83	0.77	1	0.91	0.83	0.77	1	0.91	0.83	0.77

**Tabel 4.7.** Hasil Pengujian Marshall Campuran *ACWC* aspal *Esso* pada kondisi *Refusal Density*

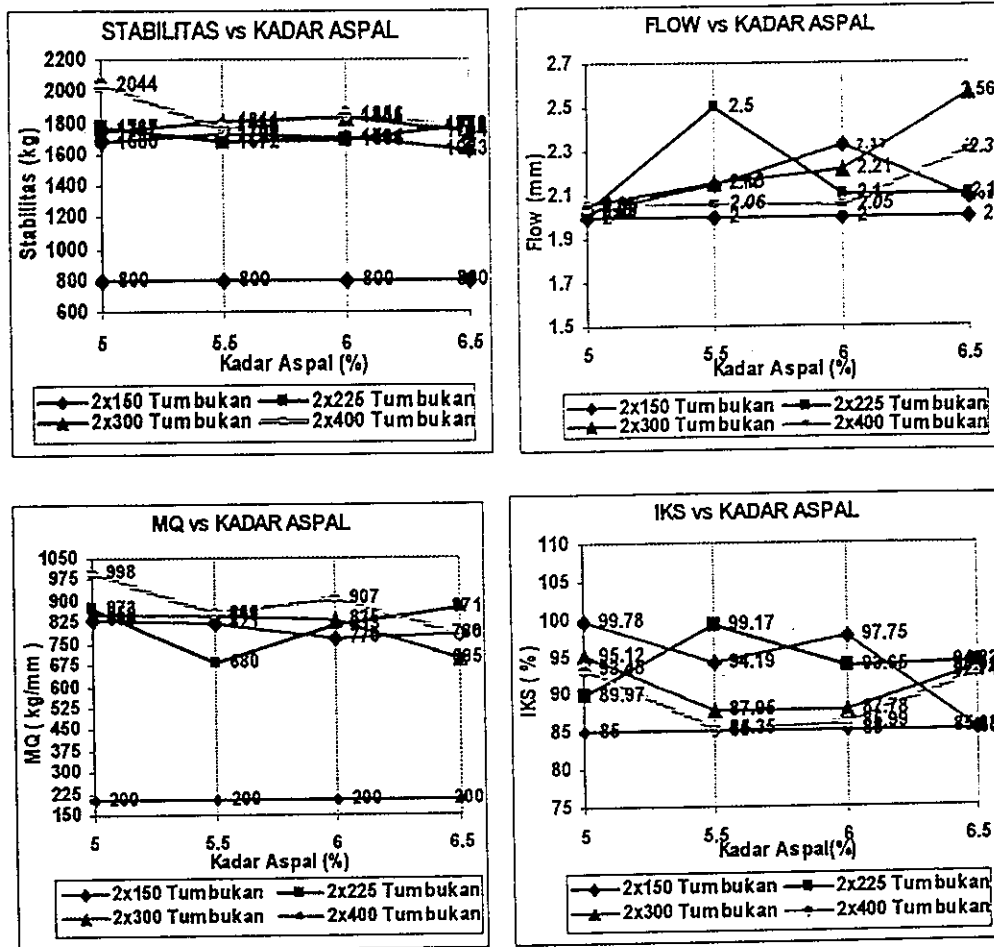
Karakteristik	2 x150 tumbukan				2x225 tumbukan				2x300 tumbukan				2x400 tumbukan			
Kadar Aspal	5	5.5	6	6.5	5	5.5	6	6.5	5	5.5	6	6.5	5	5.5	6	6.5
Kepadatan ( gr/cc )	2.29	2.26	2.22	2.20	2.29	2.26	2.23	2.21	2.31	2.28	2.26	2.25	2.34	2.32	2.29	2.26
<i>VMA</i> ( % )	14.40	15.76	17.58	18.57	14.31	15.68	17.15	18.35	13.54	15.06	15.96	16.76	12.36	13.65	15.06	16.36
<i>VFA</i> ( % )	63.17	66.53	66.62	70.60	63.73	67.0	69.0	71.81	68.60	70.77	75.99	81.11	76.94	80.20	81.88	83.69
<i>VIM</i> ( % )	5.31	5.28	5.87	5.46	5.19	5.18	5.32	5.17	4.25	4.40	3.84	3.17	2.85	2.71	2.73	2.67
Stabilitas ( kg )	2049	2036	1790	1837	1849	1591	1799	1825	1930	2165	1967	2034	2226	1713	1835	1709
Kelelehan (mm)	2.33	2.45	2.37	2.33	2.19	2.41	2.45	2.23	2.86	2.78	2.42	2.16	2.16	2.25	2.31	2.08
<i>MQ</i> ( kg/mm )	895	846	771	801	844	674	737	832	675	780	816	942	1032	771	805	824
Stabilitas sisa (%)	89.31	88.63	96	99.89	85.63	88.67	95.30	92.21	87.61	98.69	87.72	86.95	85.80	89.39	87.36	85.38
<i>Dust Proportion</i>	1	0.91	0.83	0.77	1	0.91	0.83	0.77	1	0.91	0.83	0.77	1	0.91	0.83	0.77

Dari sifat-sifat campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* tersebut diatas, kemudian dibuat grafik seperti terlihat pada Gambar 4.2 untuk jenis aspal Pertamina dan Gambar 4.3. untuk jenis aspal *Esso*, selanjutnya dianalisa untuk mendapatkan nilai karakteristik *Marshall* dan IKS campuran pada kondisi kepadatan sampai membal sesuai spesifikasi yang disyaratkan adalah sebagai berikut:

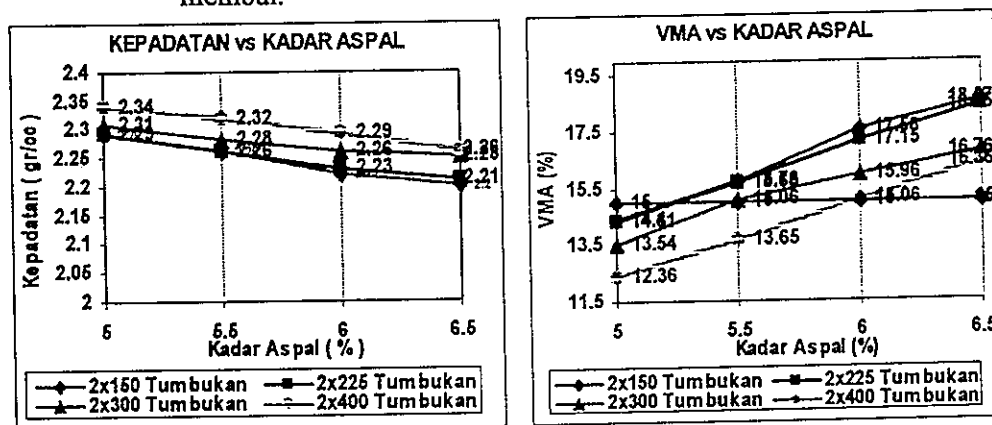


**Gambar 4.2** : Hasil Uji *Marshall* untuk campuran beraspal dengan aspal Pertamina penetrasi 60/70 pada kondisi kepadatan sampai membal (*Refusal Density*).

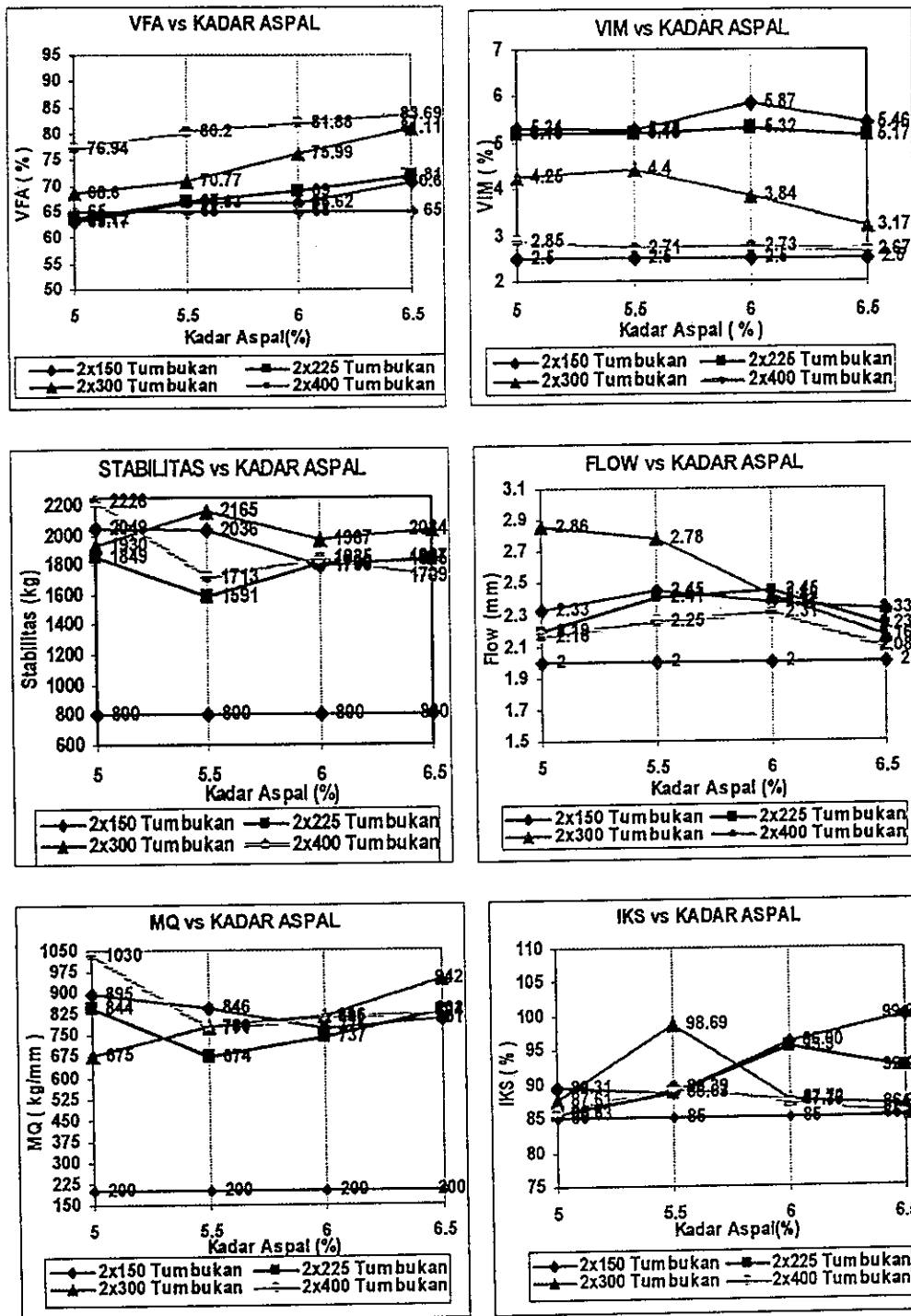




Gambar 4.2 Lanjutan : Hasil Uji Marshall untuk campuran beraspal dengan aspal Pertamina penetrasi 60/70 pada kondisi kepadatan sampai membal.



Gambar 4.3 : Hasil Uji Marshall untuk campuran beraspal dengan aspal Esso penetrasi 60/70 pada kondisi kepadatan sampai membal (Refusal Density).



Gambar 4.3 Lanjutan : Hasil Uji Marshall untuk campuran beraspal dengan aspal *Esso* penetrasi 60/70 pada kondisi kepadatan sampai membal.

## 4.2 Pembahasan

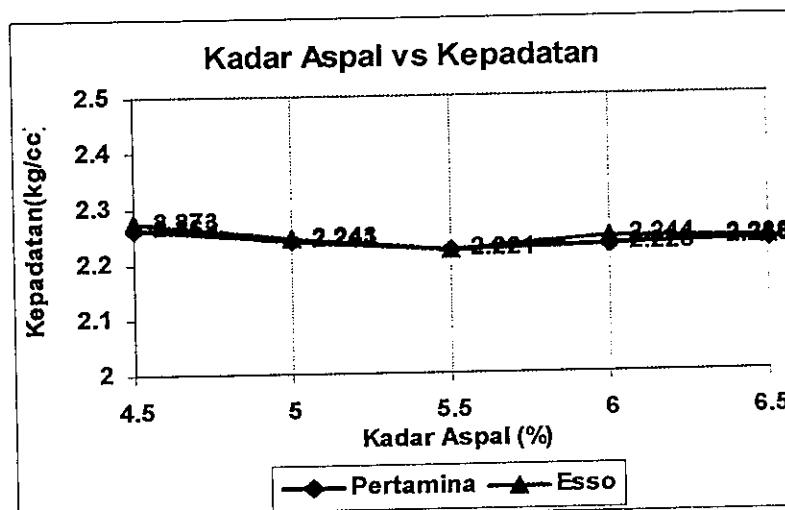
### 4.2.1. Pengaruh Kadar Aspal pada Aspal Pertamina dan Aspal Esso dari hasil Pengujian *Marshall* dan IKS Tahap I

#### a. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai Kepadatan campuran AC-WC

Nilai Kepadatan menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah temperatur pemadatan, gradasi, kadar *filler*, energi pemadat dan kadar aspal, porositas butiran. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih tinggi. Perbandingan nilai Kepadatan antara campuran AC-WC dengan menggunakan aspal Pertamina dan aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.8, dan Gambar 4.4 dibawah ini.

**Tabel 4.8** Kadar Aspal terhadap Nilai Kepadatan campuran AC-WC

Karakteristik	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal (%)					rerata
		4.5	5	5.5	6	6.5	
Kepadatan Aspal Pertamina	-	2.263	2.241	2.221	2.228	2.236	2.238
Kepadatan Aspal <i>Esso</i>	-	2.273	2.243	2.221	2.244	2.239	2.244



**Gambar 4.4.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan Kepadatan

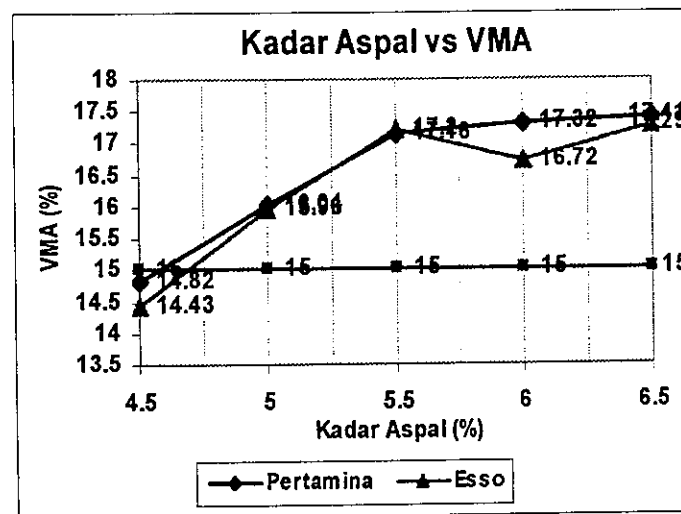
Seperti terlihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.4. semakin bertambahnya kadar aspal, maka akan semakin renggang campurannya. Pada campuran dengan aspal jenis Pertamina mempunyai nilai Kepadatan rerata sedikit lebih rendah dari aspal jenis *Esso* ini disebabkan berat jenis yang berbeda, aspal Pertamina lebih kecil dari aspal *Esso*. Sedangkan dengan bertambah kadar aspal secara keseluruhannya nilai Kepadatan menurun, salah satu sebab adalah bahan agregat mempunyai tingkat porositas yang cukup tinggi sehingga akibat energi pemadatan bahan susun campuran dimungkinkan mengalami kerusakan, sehingga tingkat kepadatan juga menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Dalam spesifikasi baru tidak ada persyaratan khusus mengenai tingkat kepadatan (*density*). Pada umumnya nilai kepadatan dipergunakan dalam persyaratan teknis dilapangan, yaitu kepadatan rerata lapisan yang selesai dipadatkan tidak boleh kurang dari 96 % kepadatan laboratorium.

b. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Void in Mineral Agreggate (VMA)*

*Void in Mineral Agreggate (VMA)* adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. *VMA* digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. Besarnya nilai *VMA* dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Hubungan antara kadar aspal dengan *VMA* dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.5, dibawah ini.

**Tabel 4.9** Kadar Aspal terhadap Nilai *VMA* campuran AC-WC

Karakteristik	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal (%)					Rerata
		4.5	5	5.5	6	6.5	
<i>VMA</i> Aspal Pertamina	Min.15 %	14.82	16.04	17.16	17.32	17.41	16.55
<i>VMA</i> Aspal <i>Esso</i>	Min.15 %	14.43	15.96	17.20	16.72	17.29	16.32



Gambar 4.5. Grafik hubungan Kadar Aspal dan *VMA*

Dari Tabel 4.9 dan Gambar 4.5. di atas dapat dilihat bahwa campuran beraspal panas dengan jenis aspal Pertamina mempunyai *VMA* rerata yang lebih besar dari jenis aspal Esso, terlihat dari nilai *VMA* rerata yang besar pula, dimana  $VMA_{\text{Pertamina}} 16.55\% > VMA_{\text{Esso}} 16.32\%$ . Hal ini disebabkan karena titik lembek aspal Pertamina lebih tinggi dari aspal Esso, sehingga aspal Esso lebih cepat mencair dan memasuki rongga udara. Selanjutnya semakin bertambahnya kadar aspal nilai *VMA* semakin besar, ini disebabkan karena jumlah aspal yang masuk kedalam rongga masih cukup ruang.

Dalam penelitian ini nilai *VMA* yang memenuhi syarat  $> 15\%$  untuk jenis aspal Pertamina pada kadar aspal  $4.6\% - 6.5\%$ , sedangkan jenis aspal Esso yang memenuhi syarat  $> 15\%$  pada kadar aspal  $4.7\% - 6.5\%$ .

c. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Void Filled with Asphalt (VFA)*

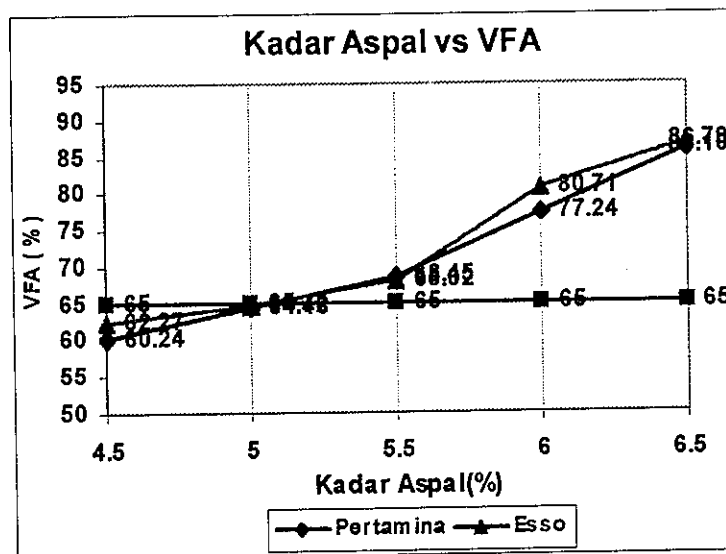
Nilai *VFA* menunjukkan prosentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Besarnya nilai *VFA* menentukan keawetan suatu campuran beraspal panas, semakin besar nilai *VFA* akan menunjukan semakin kecil nilai *VIM* yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak, oleh karena itu campuran beraspal panas akan semakin awet. Begitu sebaliknya apabila

*VFA* terlalu kecil, maka rongga yang terisi aspal akan semakin sedikit sehingga agregat yang terselimuti aspal akan tipis yang menyebabkan campuran beraspal panas tidak awet.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *VFA* dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.6, dibawah ini :

**Tabel 4.10** Kadar Aspal terhadap Nilai *VFA* campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal (%)					Rerata
		4.5	5	5.5	6	6.5	
<i>VFA</i> Aspal Pertamina	Min.65 %	60.24	64.46	68.45	77.24	86.10	71.30
<i>VFA</i> Aspal Esso	Min.65 %	62.27	64.72	68.02	80.71	86.70	72.48



**Gambar 4.6.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan *VFA*

Dari Tabel 4.10 dan Gambar 4.6. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan kedua jenis aspal mempunyai nilai *VFA* naik seiring bertambahnya kadar aspal, dimana campuran jenis aspal Pertamina mempunyai *VFA* rerata lebih kecil dari jenis aspal Esso, ini terlihat dari nilai *VFA* rerata yang kecil pula, dimana  $VFA_{\text{Pertamina}} 71.30\% < VFA_{\text{Esso}} 72.48\%$ . Hal ini disebabkan rongga dalam campuran mengecil karena bertambahnya kadar aspal yang meresap dan menyelimuti

butiran agregat. Nilai *VFA* menunjukkan jumlah kandungan aspal yang mengisi rongga didalam campuran. Nilai *VFA* yang rendah berarti jumlah aspal efektif yang mengisi rongga-rongga antar butir agregat sedikit, berarti volume rongga udaranya besar. Hal ini akan mengurangi keawetan dari campuran beraspal panas, dan sebaliknya nilai *VFA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding* karena rongga antar butiran terlalu kecil.

Dalam penelitian ini nilai *VFA* yang memenuhi syarat >65% untuk jenis aspal Pertamina pada kadar aspal 5.1 % - 6.5%, sedangkan jenis aspal *Esso* yang memenuhi syarat > 65% pada kadar aspal 5.1% - 6.5%.

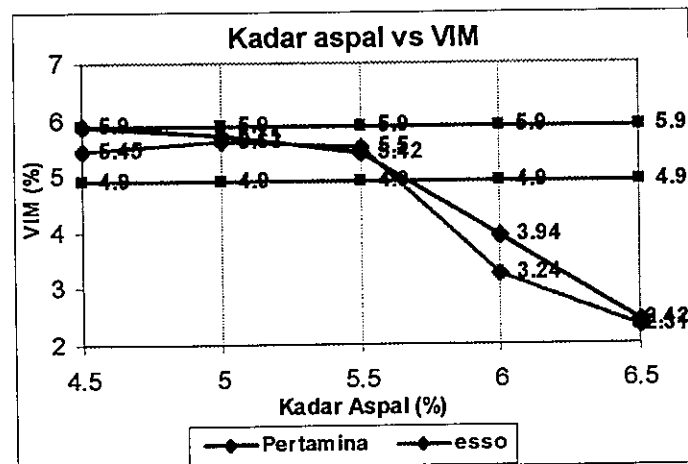
d. Pengaruh Kadar Aspal terhadap nilai *Void In the Mix (VIM)*

*VIM* dalam spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, 2001, merupakan syarat paling penting sebagai dasar dari perencanaan perhitungan pada tahap II (*refusal density*). *VIM* menyatakan banyaknya prosentase rongga dalam campuran total. Nilai rongga dalam campuran dipengaruhi oleh kadar aspal pada campuran beraspal panas, dengan bertambahnya kadar aspal, maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butiran agrgat semakin bertambah, sehingga volume rongga dalam campuran semakin berkurang.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *VIM* dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.7, dibawah ini :

**Tabel 4.11** Kadar Aspal terhadap Nilai *VIM* campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal (%)					Rerata
		4.5	5	5.5	6	6.5	
<i>VIM</i> Aspal Pertamina	4.9% – 5.9%	5.90	5.71	5.42	3.94	2.42	5.68
<i>VIM</i> Aspal <i>Esso</i>	4.9% – 5.9%	5.45	5.63	5.50	3.24	2.31	5.52



Gambar 4.7. Grafik hubungan Kadar Aspal dan *VIM*

Dari Tabel 4.11 dan Gambar 4.7. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan kedua jenis aspal, sesuai dalam spesifikasi baru, *VIM* antara 4.9% sampai 5.9%, dimana campuran jenis aspal Pertamina mempunyai *VIM* rerata lebih besar dari jenis aspal Esso, ini terlihat dari nilai *VIM* rerata yang besar pula, dimana  $VIM_{\text{Pertamina}} 5.68\% > VIM_{\text{Esso}} \text{ rerata } 5.52\%$ . Nilai *VIM* yang rendah dibawah 4.9 % berarti rongga pada campuran relatif kecil, menjadikan tidak tersedianya ruang yang cukup, menyebabkan aspal akan naik ke permukaan (*bleeding*). Sebaliknya untuk nilai *VIM* yang tinggi diatas 5.9 % akan menyebabkan campuran kurang kedap air dan udara, sehingga campuran beraspal panas tersebut kurang awet dan mudah retak (*crack*).

Dalam penelitian ini nilai *VIM* yang memenuhi syarat (4.9%-5.9%) untuk jenis aspal Pertamina pada kadar aspal 4.5% - 5.7%, sedangkan jenis aspal Esso yang memenuhi syarat (4.9%-5.9%) pada kadar aspal 4.5% - 5.8%.

e. Pengaruh Kadar Aspal terhadap Stabilitas campuran *AC-WC*

Stabilitas adalah besarnya beban maksimum yang dapat dicapai oleh bahan susun campuran beraspal panas yang dinyatakan dalam satuan beban. Stabilitas merupakan indikator kekuatan lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas. Spesifikasi Baru menetapkan untuk lapis Laston *AC-WC*

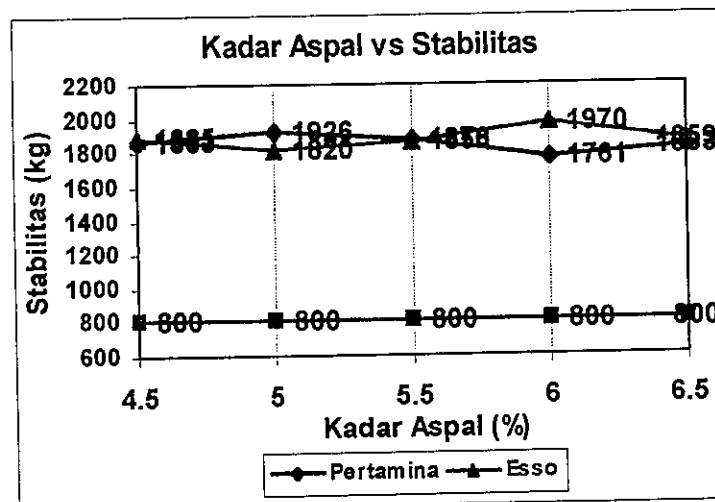


yang dilalui oleh  $> 1.000.000$  *ESA*, stabilitas minimum yang disyaratkan adalah 800 kg. Lapis Laston *AC-WC* dengan stabilitas dibawah 800 kg akan mudah terjadi alur (*rutting*) bila dilalui kendaraan berat.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Gambar 4.8, dibawah ini :

**Tabel 4.12** Kadar Aspal terhadap Nilai Stabilitas campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi (kg)	Kadar Aspal (%)					Rerata
		4.5	5	5.5	6	6.5	
Stabilitas Aspal Pertamina	Min. 800 kg	1863	1926	1876	1761	1833	1852
Stabilitas Aspal Esso	Min. 800 kg	1885	1820	1858	1970	1859	1878



**Gambar 4.8.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Dari Tabel 4.12 dan Gambar 4.8. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan kedua jenis aspal, sesuai dalam spesifikasi Baru, berada diatas stabilitas minimal 800 kg yang disyaratkan, dengan rerata jenis aspal Pertamina lebih rendah jenis aspal *Esso*, dimana  $Stabilitas_{Pertamina} 1852 \text{ kg} < Stabilitas_{Esso} 1878 \text{ kg}$ . Hal ini terkait pada kinerja nilai Kepadatan, *VFA*, *VFA*, *VIM*, seperti ditunjukkan pada kadar aspal 6% jenis pertamina stabilitas turun sampai 1761 kg dikarenakan *VFA* naik sampai 77.24 % yang menunjukkan terlalu tebal film aspal yang

menyelimuti agregat, sehingga stabilitas menjadi menurun. Secara keseluruhan stabilitas naik dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu, begitu juga apabila penambahan kadar aspal melebihi batas justru akan menurunkan nilai stabilitas.

f. Pengaruh Kadar Aspal terhadap *Flow* campuran *AC-WC*

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya penurunan campuran benda uji akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm. *flow* merupakan indikator kelenturan campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas.

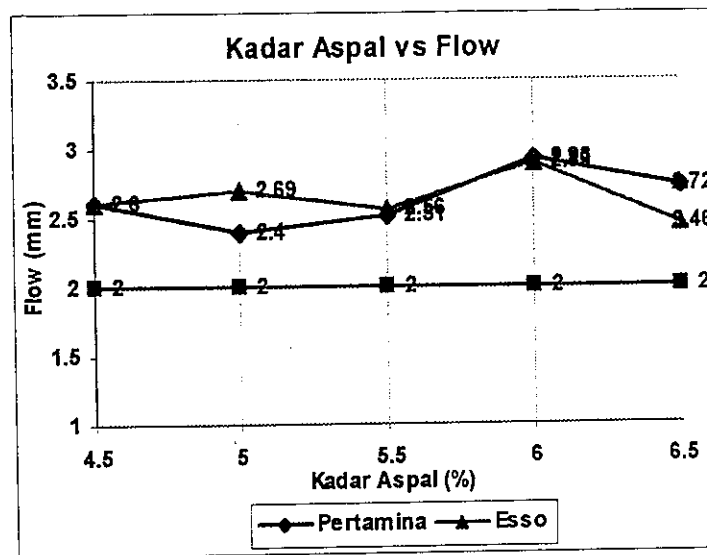
Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi bahan susun benda uji, campuran yang mempunyai angka *flow* rendah dengan stabilitas tinggi akan cenderung menghasilkan campuran beraspal panas yang kaku dan getas (*brittle*), sehingga akan mudah retak (*crack*) apabila terkena beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Sebaliknya apabila campuran beraspal panas mempunyai *flow* terlalu tinggi maka akan bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk (deformasi plastis) akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat.

Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, 2001 menetapkan untuk lapis Laston *AC-WC* yang dilalui oleh > 1.000.000 *ESA*, *flow* minimum yang disyaratkan adalah 2 mm. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi bahan susun, kadar aspal, viskositas aspal,

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.9, dibawah ini :

Tabel 4.13 Kadar Aspal terhadap Nilai *Flow* campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi (mm)	Kadar Aspal ( % )					Rerata (mm)
		4.5	5	5.5	6	6.5	
<i>Flow</i> Aspal Pertamina	Min. 2	2.60	2.40	2.51	2.93	2.72	2.63
<i>Flow</i> Aspal Esso	Min. 2	2.60	2.69	2.56	2.89	2.46	2.64



**Gambar 4.9.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan *Flow*

Dari Tabel 4.13 dan Gambar 4.9. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan kedua jenis aspal, sesuai dalam spesifikasi baru berada diatas *flow* minimal 2 mm yang disyaratkan. Dengan penambahan kadar aspal maka nilai *flow* juga naik, hal ini disebabkan dengan bertambahnya kadar aspal, campuran menjadi semakin plastis. Sesuai sifat aspal sebagai bahan pengikat, maka semakin banyak aspal menyelimuti batuan semakin baik ikatan antara agregat dengan aspal yang menyebabkan nilai *flow* menjadi tinggi.

Dari hasil penelitian seperti pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.9. diatas terlihat bahwa campuran jenis aspal Pertamina mempunyai *flow* rerata lebih kecil dari jenis aspal Esso, ini terlihat dari nilai *flow* rerata yang kecil pula, dimana  $flow_{\text{Pertamina}} 2,63 \text{ mm} < flow_{\text{Esso}} 2.64 \text{ mm}$ .

g. Pengaruh Kadar Aspal terhadap *Marshall Quotient* campuran *AC-WC*

*Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran beraspal panas. Besarnya nilai *MQ* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan antar butiran dan

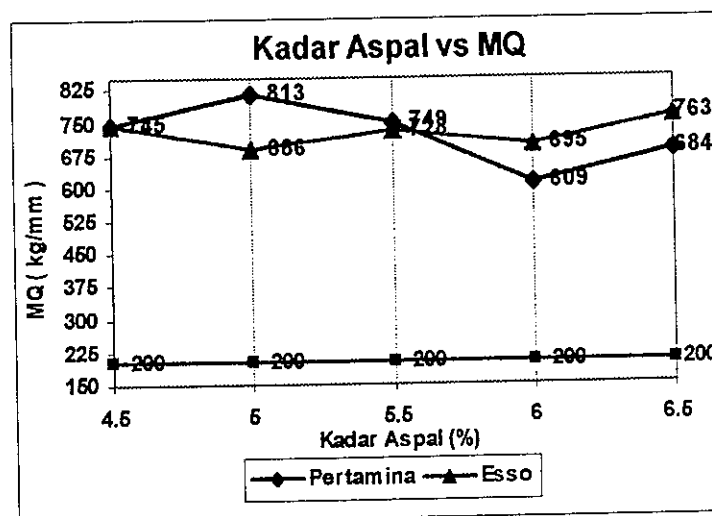
saling mengunci antar butiran yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campuran bahan susun, serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi bahan susun, dan jumlah tumbukan.

Campuran yang memiliki nilai *MQ* yang rendah, maka campuran beraspal panas akan semakin fleksibel, cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahan bentuk pada saat menerima beban lalu lintas yang tinggi. Sedangkan campuran yang memiliki nilai *MQ* tinggi campuran beraspal panas akan kaku dan kurang lentur. Faktor yang mempengaruhi nilai *MQ* adalah gradasi bahan susun, bentuk butir, kadar aspal, kohesi, energi pemadatan, dan temperatur pemadatan.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *MQ* dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.10, dibawah ini :

**Tabel 4.14** Kadar Aspal terhadap Nilai *Marshall Quotient* campuran AC-WC

Karakteristik	Spesifikasi (kg/mm)	Kadar Aspal (%)					Rerata
		4.5	5	5.5	6	6.5	
<i>MQ</i> Aspal Pertamina	Min.200 kg/mm	745	813	749	609	684	720
<i>MQ</i> Aspal Esso	Min.200 kg/mm	745	686	728	695	763	723



**Gambar 4.10.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan *Marshall Quotient*

Dari Tabel 4.14 dan Gambar 4.10. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan kedua jenis aspal, sesuai dalam spesifikasi baru berada diatas  $MQ$  minimal 200 kg/mm yang disyaratkan, dengan hasil diatas terlihat bahwa campuran jenis aspal Pertamina mempunyai  $MQ$  rerata lebih kecil dari jenis aspal *Esso*, ini terlihat dari nilai  $MQ$  rerata yang kecil pula, dimana  $MQ_{\text{Pertamina}} 720 \text{ kg/mm} < MQ_{\text{Esso}} 723 \text{ kg/mm}$ .

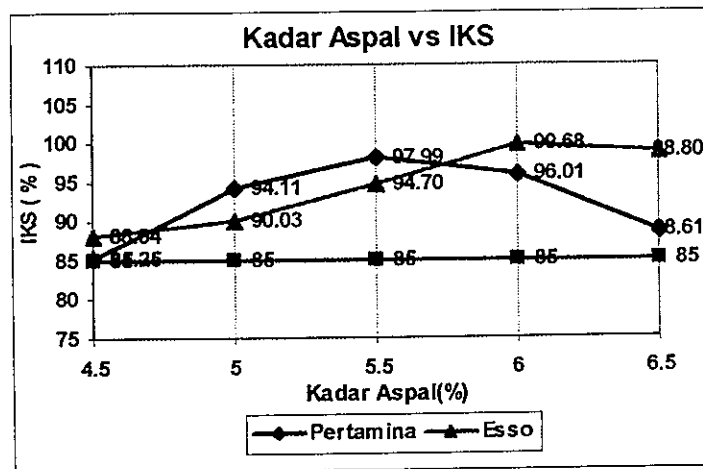
#### h. Pengaruh Kadar Aspal terhadap Indeks kekuatan Sisa campuran ACWC

Nilai Indeks Kekuatan Sisa diperoleh dengan membandingkan antara nilai stabilitas pada kondisi standar yaitu direndam dalam *water bath* pada suhu  $60^{\circ} \text{C}$  selama 30 (tigapuluh) menit dengan kondisi perendaman yang sama selama 24 (duapuluh empat) jam ini mengindikasikan pendekatan terhadap keawetan (durabilitas) dari suatu campuran beraspal panas.

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai Indeks Kekuatan Sisa dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.11, dibawah ini :

**Tabel 4.15** Kadar Aspal terhadap Nilai Indeks Kekuatan Sisa campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )					Rerata
		4.5	5	5.5	6	6.5	
IKS Aspal Pertamina	Min. 85 %	85.25	94.11	97.99	96.01	88.61	92.39
IKS Aspal <i>Esso</i>	Min. 85 %	88.04	90.03	94.70	99.68	98.80	94.25



**Gambar 4.11.** Grafik hubungan Kadar Aspal dan IKS

Dari Tabel 4.15 dan Gambar 4.11. diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan kedua jenis aspal, sesuai dalam spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, 2001, berada diatas IKS minimal 85 % untuk beban lalu lintas diatas 1.000.000 *ESA* yang disyaratkan, dengan IKS rerata jenis aspal Pertamina lebih kecil dari IKS jenis aspal *Esso*, dimana  $IKS_{Pertamina} 92.39\% > IKS_{Esso} 94.25\%$ .

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran beraspal panas yang mengalami perendaman dengan suhu  $60^{\circ}C$  selama 24 jam dibandingkan dengan perendaman standar akan mengalami penurunan nilai stabilitas. Hal ini disebabkan karena selama proses perendaman ada air yang masuk kepori-pori campuran, sehingga berpengaruh pada sifat adhesi dan kohesi aspal yang akan mengurangi daya ikat aspal terhadap agregat.

i. Pengaruh Kadar Aspal terhadap *Dust Proportion (DP)* campuran *AC-WC*

*Dust Proportion* adalah prosentasi kadar *filler* dalam campuran dibagi dengan prosentasi kadar aspal dalam campuran, tujuannya adalah untuk memprediksi kondisi campuran yang baik. Nilai *DP* yang terlalu tinggi menyebabkan campuran menjadi kurang menyatu antara agregat kasar dan agregat halus yang menyebabkan penyerapan aspal oleh *filler* terlalu

tinggi. Persyaratan nilai *DP* sesuai dalam spesifikasi baru antara 0.6 sampai dengan 1.2. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *DP* dapat dilihat pada Tabel 4.16, dibawah ini :

**Tabel 4.16** Kadar Aspal terhadap Nilai *Dust Proportion* campuran *AC-WC*

Karakteristik	Spesifikasi	Kadar Aspal ( % )				
		4.5	5	5.5	6	6.5
<i>Dust Proportion</i> Aspal Pertamina	0.6 – 1.2	1.11	1.00	0.91	0.83	0.77
<i>Dust Proportion</i> Aspal Esso	0.6 – 12	1.11	1.00	0.91	0.83	0.77

Dari Tabel 4.16 diatas dapat dilihat bahwa pada campuran *AC-WC* dengan menggunakan kedua jenis aspal, sesuai dalam spesifikasi baru, berada pada Nilai *DP* yang disyaratkan, dimana komposisi bahan susun benda uji dibuat tetap dengan komposisi nilai *filler* untuk kedua jenis aspal adalah 5 %, sedangkan kadar aspal bervariasi antara 4.5% nilai *DP* =1.11, 5% nilai *DP* = 1.0, 5.5% nilai *DP* = 0.91, 6% nilai *DP* = 0.83, 6.5% nilai *DP* = 0.77. Nilai *DP* mempengaruhi stabilitas yang diperoleh, dimana nilai *DP* rendah, menunjukkan campuran tersebut plastis, karena mengandung aspal yang tinggi, biasanya tidak ada perbedaan yang menyolok. Nilai *DP* sedang, campuran meningkat kekakuannya dan nilai stabilitas yang dihasilkan sudah mulai ada perbedaan yang menyolok. Nilai *DP* tinggi campuran sudah kaku dan terdapat perbedaan yang menyolok terhadap nilai stabilitas yang dihasilkan.

#### **4.2.2 Evaluasi Hasil laboratorium uji *Marshall* dan IKS Tahap I terhadap Spesifikasi**

Dari hasil pengujian bahan susun untuk campuran *AC-WC* didapat hasil rekapitulasi yang memenuhi persyaratan sesuai dalam spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, 2001, adalah sebagai berikut ini

**Tabel 4.17** Kadar Aspal Optimum Penetrasi 60/70 jenis Pertamina dan *Esso*

Karakteristik	Syarat	Kadar Aspal ( % )				
		4.5	5	5.5	6	6.5
Kepadatan ( gr/cc )	-					
VMA ( % )	min 15					
VFA ( % )	min 65					
VIM ( % )	4.9 – 5.9					
Stabilitas ( kg )	min 800					
Kelelehan ( mm )	min 2.0					
MQ ( kg/mm )	min 200					
Indek Stabilitas Sisa (%)	85 %					
Dust Proportion	0.6 – 1.2					

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* tersebut diatas untuk jenis aspal Pertamina maupun aspal *Esso* pada tahap I, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1 halaman 48 serta, dari hasil analisa pada Tabel 4.17 didapat jenis aspal Pertamina yang memenuhi syarat untuk  $VFA > 65\%$  pada kadar aspal 5.1% - 6.5%,  $VIM_{4.9\%} - 5.9\%$  pada kadar aspal 4.5% - 5.7% dan  $VMA_{>15\%}$  pada kadar aspal 4.6% - 6.5%, ditentukan kadar aspal optimum jenis Pertamina 5.5 % dan untuk jenis aspal *Esso* yang memenuhi syarat untuk  $VFA > 65\%$  pada kadar aspal 5.1% - 6.5%,  $VIM_{4.9\%} - 5.9\%$  pada kadar aspal 4.5% - 5.8% dan  $VMA_{>15\%}$  pada kadar aspal 4.7% - 6.5%, ditentukan kadar aspal optimum jenis *Esso* 5.5 %. Selanjutnya dilanjutkan pada penelitian tahap II yaitu untuk mencari nilai karakteristik *Marshall* dan IKS campuran pada kondisi kepadatan sampai membal.



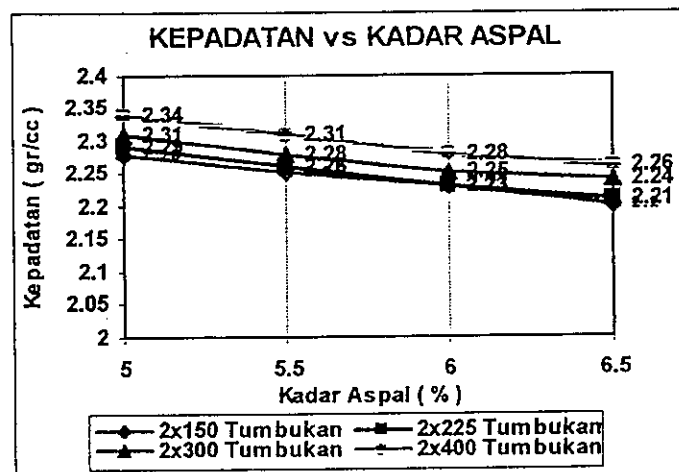
#### 4.2.3 Pengaruh Variasi jumlah tumbukan sampai kondisi *Refusal Density* hasil Pengujian *Marshall* dan IKS Tahap II untuk jenis Aspal Pertamina dan Aspal Esso

- a. Pengaruh Nilai Kepadatan terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC*

Nilai Kepadatan menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah temperatur pemadatan, gradasi, kadar *filler*, energi pemadat dan kadar aspal, porositas butiran. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih tinggi. Perbandingan nilai Kepadatan dengan variasi jumlah tumbukan campuran *AC-WC* dan variasi kadar aspal dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dilihat pada Tabel 4.18, dan Gambar 4.12, sedangkan untuk jenis aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.19 Gambar 4.13 dibawah ini

**Tabel 4.18** Nilai Kepadatan terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC* jenis aspal Pertamina.

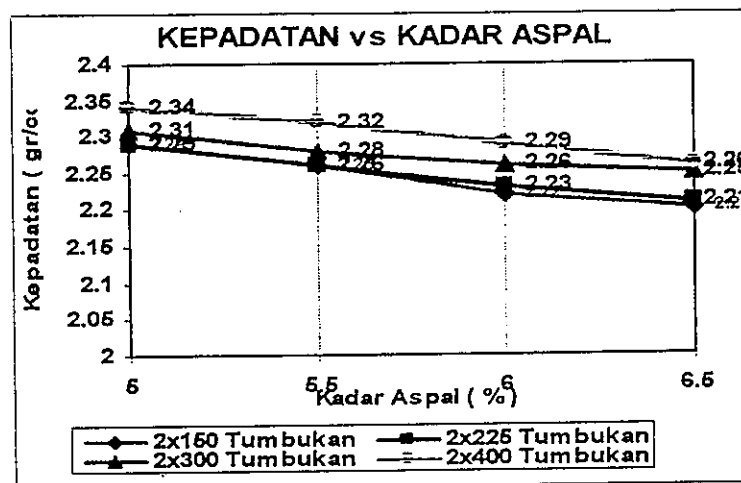
Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi	Kadar Aspal ( % )				Rerata
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai Kepadatan (gr/cc)				
2 x 150 tumbukan	-	2.28	2.25	2.23	2.20	2.24
2 x 225 tumbukan	-	2.29	2.26	2.23	2.21	2.25
2 x 300 tumbukan	-	2.31	2.28	2.25	2.24	2.27
2 x 400 tumbukan	-	2.34	2.31	2.28	2.26	2.30
Rerata		2.31	2.28	2.25	2.23	



**Gambar 4.12.** Grafik hubungan Nilai Kepadatan Terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Pertamina

**Tabel 4.19** Nilai Kepadatan terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran AC-WC jenis aspal *Esso*

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi	Kadar Aspal ( % )				Rerata
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai Kepadatan (gr/cc)				
2 x 150 tumbukan	-	2.29	2.26	2.22	2.20	2.24
2 x 225 tumbukan	-	2.29	2.26	2.23	2.21	2.25
2 x 300 tumbukan	-	2.31	2.28	2.26	2.25	2.28
2 x 400 tumbukan	-	2.34	2.32	2.29	2.26	2.30
Rerata		2.31	2.28	2.25	2.23	



**Gambar 4.13.** Grafik hubungan Nilai Kepadatan Terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal *Esso*

Seperti terlihat pada Tabel 4.18 dan Gambar 4.12, serta Tabel 4.19 dan Gambar 4.13, semakin bertambahnya jumlah tumbukan, maka akan semakin rapat campurannya yang menyebabkan campuran dengan aspal jenis Pertamina nilai Kepadatan bertambah tinggi yang ditunjukkan pada 2x150 tumbukan nilai kepadatan rerata 2.24 gr/cc sampai 2x400 tumbukan nilai kepadatan rerata 2.30 gr/cc. Adapun untuk jenis aspal *Esso* ditunjukkan pada 2x150 tumbukan nilai kepadatan rerata 2.24 gr/cc sampai 2x400 tumbukan nilai kepadatan rerata 2.30 gr/cc. Sedangkan dengan bertambah kadar aspal secara keseluruhannya nilai Kepadatan jenis aspal Pertamina menurun terlihat pada kadar aspal 5% nilai kepadatan rerata 2.31 gr/cc sampai kadar aspal 6.5% nilai kepadatan rerata 2.23 gr/cc. Adapun untuk jenis aspal *Esso* nilai Kepadatan menurun

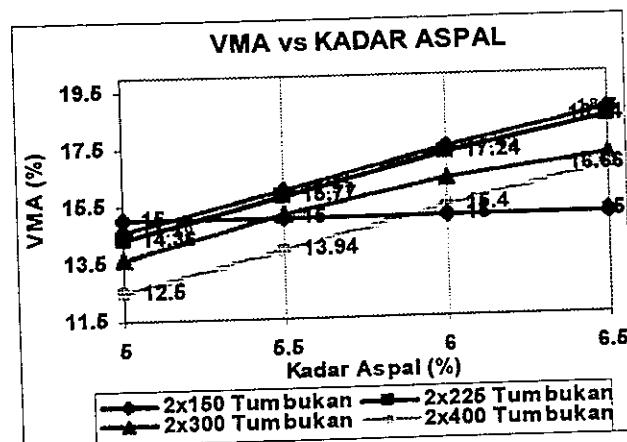
terlihat pada kadar aspal 5% nilai kepadatan rerata 2.31 gr/cc sampai kadar aspal 6.5% nilai kepadatan rerata 2.23 gr/cc. Salah satu sebab adalah rongga yang ada dalam campuran berkurang akibat energi pemadat sedangkan rongga yang ada sebagian sudah terisi oleh aspal dan *filler*, peningkatan energi pemadat akan menyebabkan kerusakan agregat yang ada dicampuran, sehingga campuran menurun kualitasnya, sehingga tingkat Kepadatan juga menurun seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

- b. Pengaruh Nilai *Void in Mineral Agregate (VMA)* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah tumbukan

*VMA* adalah rongga udara yang ada diantara mineral agregat di dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal. *VMA* digunakan sebagai ruang untuk menampung aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran beraspal panas. Besarnya nilai *VMA* dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susun, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Perbandingan nilai *VMA* dengan variasi jumlah tumbukan campuran *AC-WC* dan variasi kadar aspal dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dilihat pada Tabel 4.20, dan Gambar 4.14, sedangkan untuk jenis aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.21 Gambar 4.15, dibawah ini :

**Tabel 4.20** Nilai *VMA* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC* jenis aspal Pertamina

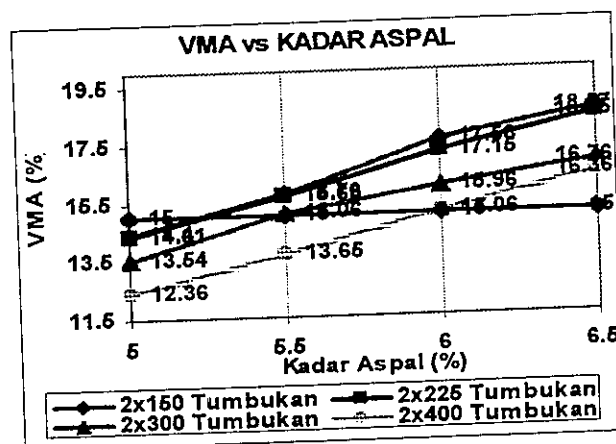
Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (%)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai <i>VMA</i> (%)				
2 x 150 tumbukan	15	14.59	15.97	17.42	18.70	16.67
2 x 225 tumbukan	15	14.36	15.77	17.24	18.44	16.45
2 x 300 tumbukan	15	13.63	15.18	16.34	17.12	15.57
2 x 400 tumbukan	15	12.50	13.94	15.4	16.66	14.63
Rerata		13.77	15.22	16.60	17.73	



Gambar 4.14. Grafik hubungan Nilai *VMA* Terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Pertamina

Tabel 4.21 Nilai *VMA* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran AC-WC jenis aspal Esso

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal (%)				Rerata (%)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai <i>VMA</i> (%)				
2 x 150 tumbukan	15	14.40	15.76	17.58	18.57	16.58
2 x 225 tumbukan	15	14.31	15.68	17.15	18.35	16.37
2 x 300 tumbukan	15	13.54	15.06	15.96	16.76	15.33
2 x 400 tumbukan	15	12.36	13.65	15.06	16.36	14.36
Rerata		13.65	15.04	16.44	17.51	



Gambar 4.15. Grafik hubungan Nilai *VMA* Terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Esso

Dari Tabel 4.20 dan Gambar 4.14 serta Tabel 21 dan Gambar 15 di atas dapat dilihat bahwa peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan

nilai *VMA* rerata 16.67 % sampai 2x400 tumbukan nilai *VMA* rerata 14.63 % akan menurunkan nilai *VMA* campuran dengan jenis aspal Pertamina. Adapun jenis aspal *Esso* menunjukkan peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai *VMA* rerata 16.58 % sampai 2x400 tumbukan nilai *VMA* rerata 14.36 % akan menurunkan nilai *VMA*. Hal ini terjadi karena rongga yang ada didalam campuran akan berkurang dan campuran menjadi rapat. Selanjutnya semakin bertambahnya kadar aspal jenis aspal Pertamina nilai *VMA* semakin besar seperti ditunjukkan pada kadar aspal 5% nilai *VMA* rerata 13.77 %, kadar aspal 5.5% nilai *VMA* rerata 15.22 % dan kadar aspal 6.5% nilai *VMA* rerata 17.73 %, sedangkan jenis aspal *Esso* nilai *VMA* semakin besar seperti ditunjukkan pada kadar aspal 5% nilai *VMA* rerata 13.65 %, kadar aspal 5.5% nilai *VMA* rerata 15.04 % dan kadar aspal 6.5% nilai *VMA* rerata 17.51 %, ini disebabkan karena rongga yang ada didalam campuran berkurang akibat energi pemadat , sedangkan rongga yang ada sebagian sudah terisi aspal dan *filler*. Peningkatan tumbukan akan menyebabkan volume benda uji menjadi membesar hingga kepadatan dan kerapatan menjadi berkurang.

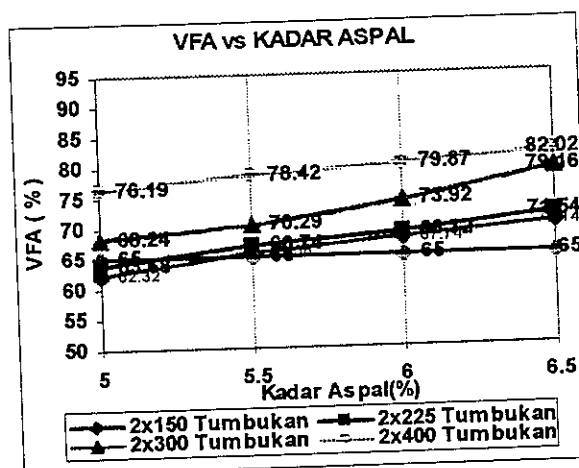
c. Pengaruh Nilai *VFA* (*Void Filled with Asphalt*) terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan

Nilai *VFA* menunjukkan prosentase besarnya rongga yang dapat terisi oleh aspal. Besarnya nilai *VFA* menentukan keawetan suatu campuran beraspal panas, semakin besar nilai *VFA* akan menunjukan semakin kecil nilai *VIM* yang berarti rongga yang terisi aspal semakin banyak, oleh karena itu campuran beraspal panas akan semakin awet. Begitu sebaliknya apabila *VFA* terlalu kecil, maka rongga yang terisi aspal akan semakin sedikit sehingga agregat yang terselimuti aspal akan tipis yang menyebabkan campuran beraspal panas tidak awet.

Perbandingan nilai *VFA* dengan variasi jumlah tumbukan campuran *AC-WC* dan variasi kadar aspal dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dilihat pada Tabel 4.22, dan Gambar 4.16, sedangkan untuk jenis aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.23 Gambar 4.17, dibawah ini :

**Tabel 4.22.** Nilai *VFA* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC* jenis aspal Pertamina

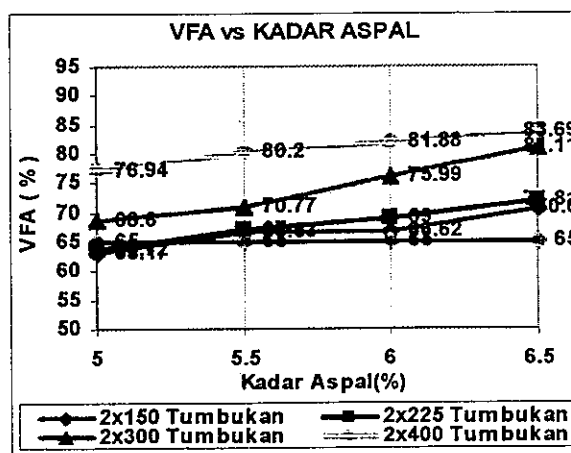
Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal (%)				Rerata (%)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai <i>VFA</i> (%)				
2 x 150 tumbukan	65	62.32	65.56	67.74	70.14	66.45
2 x 225 tumbukan	65	63.68	66.74	68.72	71.54	67.67
2 x 300 tumbukan	65	68.24	70.29	73.92	79.16	72.90
2 x 400 tumbukan	65	76.19	78.42	79.87	82.02	79.13
Rerata		67.61	70.25	72.56	75.72	



**Gambar 4.16.** Grafik hubungan Nilai *VFA* terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Pertamina

**Tabel 4.23.** Nilai *VFA* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC* jenis aspal Esso

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal (%)				Rerata (%)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai VFA (%)				
2 x 150 tumbukan	65	63.17	66.53	66.62	70.60	66.73
2 x 225 tumbukan	65	63.73	67.0	69.0	71.81	67.89
2 x 300 tumbukan	65	68.60	70.77	75.99	81.11	74.12
2 x 400 tumbukan	65	76.94	80.20	81.88	83.69	80.68
Rerata		68.11	71.13	73.37	76.80	



**Gambar 4.17** Grafik hubungan Nilai *VFA* terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal *Esso*

Dari tabel 4.22 dan Gambar 4.16, serta Tabel 4.23 dan Gambar 4.17 semakin bertambahnya jumlah tumbukan, maka akan semakin rapat campurannya yang menyebabkan campuran dengan aspal jenis Pertamina nilai *VFA* bertambah tinggi yang ditunjukkan pada 2x150 tumbukan nilai *VFA* rerata 66.45 % sampai 2x400 tumbukan nilai *VFA* rerata 79.13 %. Adapun aspal jenis *Esso* nilai *VFA* bertambah tinggi yang ditunjukkan pada 2x150 tumbukan nilai *VFA* rerata 66.73 % sampai 2x400 tumbukan nilai *VFA* rerata 80.68 %. Pertambahan nilai *VFA* disebabkan oleh nilai *VMA* mengecil akibat tumbukan yang meningkat, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.20 untuk jenis Pertamina pada kadar aspal 5.5%, 2x150 tumbukan nilainya 15.97%, 2x225 tumbukan nilainya 15.77%, 2x300 tumbukan nilainya 15.18%, 2x400 tumbukan nilainya 13.98%, dan Tabel 4.21 untuk jenis *Esso* pada kadar aspal 5.5%, 2x150 tumbukan nilainya 15.76%, 2x225 tumbukan nilainya 15.68%, 2x300 tumbukan nilainya 15.06%, 2x400 tumbukan nilainya 13.65%. Sedangkan aspal yang masuk ke dalam *VFA* meningkat akibat meningkatnya tumbukan, seperti ditunjukkan untuk aspal jenis Pertamina pada kadar aspal 5.5%, 2x150 tumbukan nilainya 65.56%, 2x225 tumbukan nilainya 66.74%, 2x300 tumbukan nilainya 70.29%, 2x400 tumbukan nilainya 78.42%, dan Tabel 4.21 untuk jenis

Esso pada kadar aspal 5.5%, 2x150 tumbukan nilainya 66.53%, 2x225 tumbukan nilainya 67%, 2x300 tumbukan nilainya 70.77%, 2x400 tumbukan nilainya 80.20%. Dalam hal ini mengakibatkan jumlah aspal efektif yang mengisi rongga-rongga antar butir agregat membesar, sehingga volume rongga udaranya akan mengecil. Hal ini akan meningkatkan keawetan dari campuran.

d. Pengaruh Nilai *VIM* (*Void In the Mix*) terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan

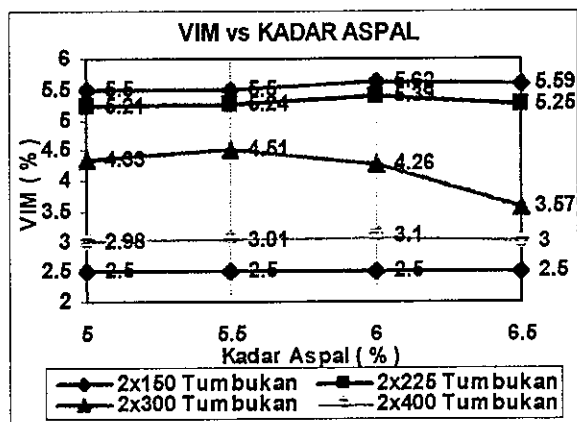
*VIM* dalam spesifikasi baru merupakan syarat paling penting, selain *VMA* dan *VFA* sebagai dasar dari perencanaan perhitungan pada tahap II (pemadatan sampai membal). *VIM* menyatakan banyaknya prosentase rongga dalam campuran total. Nilai rongga dalam campuran dipengaruhi oleh kadar aspal pada campuran beraspal panas, dengan bertambahnya kadar aspal, maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butiran agregat semakin bertambah, sehingga volume rongga dalam campuran semakin berkurang.

Perbandingan nilai *VIM* dengan variasi jumlah tumbukan campuran *AC-WC* dan variasi kadar aspal dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dilihat pada Tabel 4.24, dan Gambar 4.18, sedangkan untuk jenis aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.25 Gambar 4.19, dibawah ini :

**Tabel 4.24.** Nilai *VIM* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC* jenis aspal Pertamina

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (%)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai <i>VIM</i> (%)				
2 x 150 tumbukan	2.5	5.5	5.5	5.62	5.59	5.55
2 x 225 tumbukan	2.5	5.21	5.24	5.39	5.25	5.27
2 x 300 tumbukan	2.5	4.33	4.51	4.26	3.57	4.14
2 x 400 tumbukan	2.5	2.98	3.01	3.10	3.0	3.02
Rerata		4.51	4.57	4.59	4.10	

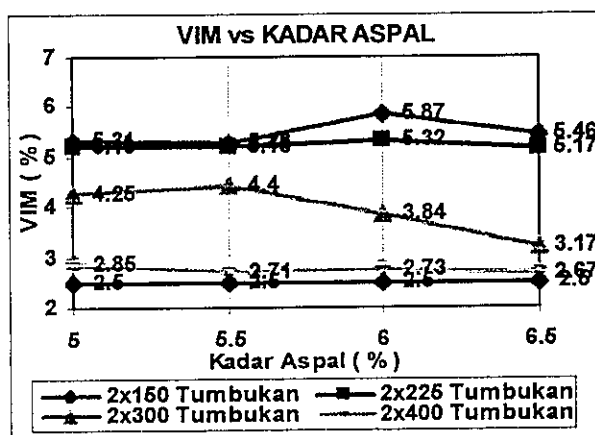




**Gambar 4.18** Grafik hubungan Nilai *VIM* terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Pertamina

**Tabel 4.25.** Nilai *VIM* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran AC-WC jenis aspal Esso

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (%)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai <i>VIM</i> (%)				
2 x 150 tumbukan	2.5	5.31	5.28	5.87	5.46	5.48
2 x 225 tumbukan	2.5	5.19	5.18	5.32	5.17	5.22
2 x 300 tumbukan	2.5	4.25	4.40	3.84	3.17	3.92
2 x 400 tumbukan	2.5	2.85	2.71	2.73	2.67	2.74
Rerata		4.4	4.4	4.5	4.12	



**Gambar 4.19** Grafik hubungan Nilai *VIM* terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Esso

Dari tabel 4.24 dan Gambar 4.18, serta Tabel 4.25 dan Gambar 4.19 di atas dapat dilihat bahwa peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai *VIM* rerata 5.55 % sampai 2x400 tumbukan nilai *VIM* rerata 3.03 % akan menurunkan nilai *VIM* campuran dengan aspal jenis Pertamina. Adapun aspal jenis *Esso* menunjukkan bahwa peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai *VIM* rerata 5.48 % sampai 2x400 tumbukan nilai *VIM* rerata 2.74 % akan menurunkan nilai *VIM*. Hal ini terjadi karena rongga yang ada didalam campuran akan berkurang dan campuran menjadi rapat. Selanjutnya semakin bertambahnya kadar aspal nilai *VIM* semakin besar sampai batas optimum dan selanjutnya menurun seperti ditunjukkan pada kadar aspal 5% nilai *VIM* rerata 4.51 %, kadar aspal 5.5% nilai *VIM* rerata 4.57 % dan kadar aspal 6.5% nilai *VIM* rerata 4.10 %, sedangkan aspal jenis *Esso* semakin bertambahnya kadar aspal nilai *VIM* cenderung sama sampai batas optimum dan selanjutnya menurun seperti ditunjukkan pada kadar aspal 5% nilai *VIM* rerata 4.4 %, kadar aspal 5.5% nilai *VIM* rerata 4.4 % dan kadar aspal 6.5% nilai *VIM* rerata 4.12 %. Nilai *VIM* naik hal ini terjadi karena rongga yang ada sebagian besar sudah terisi aspal dan *filler* akibat energi yang bertambah besar maka volume benda uji naik, hingga rongga yang ada didalam campuran membesar kembali, dan selanjutnya kembali lagi setelah mencapai optimum. Nilai *VIM* minimum untuk *refusal density* adalah 2.5 %

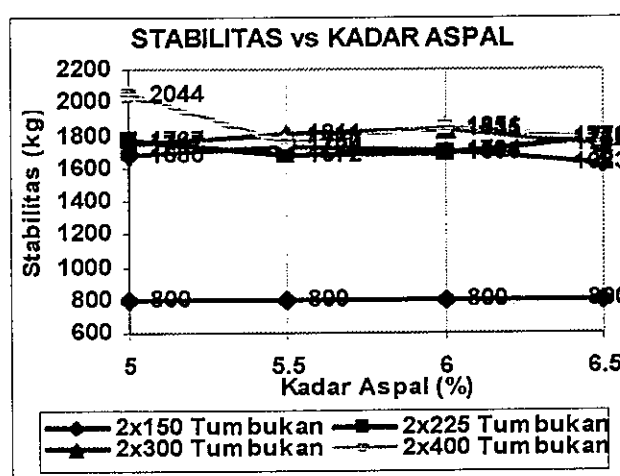
e. Pengaruh Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan

Stabilitas adalah besarnya beban maksimum yang dapat dicapai oleh bahan susun campuran beraspal panas yang dinyatakan dalam satuan beban. Stabilitas merupakan indikator kekuatan lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas. Spesifikasi baru menetapkan untuk lapis Laston ACWC yang dilalui oleh > 1.000.000 *ESA*, stabilitas minimum yang disyaratkan adalah 800 kg. Lapis Laston ACWC dengan stabilitas dibawah 800 kg akan mudah terjadi alur (*rutting*) bila dilalui kendaraan berat.

Perbandingan nilai stabilitas dengan variasi jumlah tumbukan campuran *AC-WC* dan variasi kadar aspal dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dilihat pada Tabel 4.26, dan Gambar 4.20, sedangkan untuk jenis aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.27 Gambar 4.21, dibawah ini :

**Tabel 4.26** Nilai Stabilitas terhadap Variasi Kadar aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC* jenis aspal Pertamina

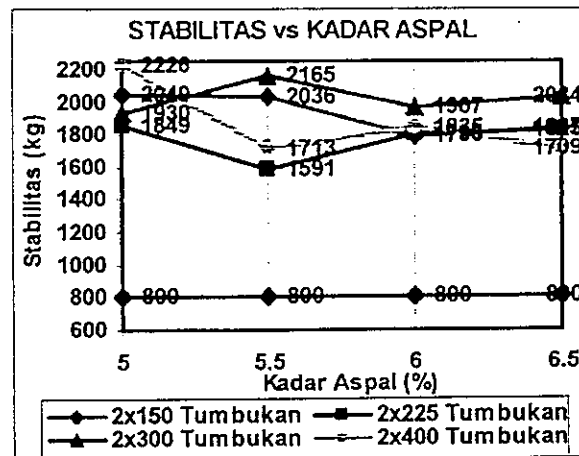
Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (kg)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (kg)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai Stabilitas (kg)				
2 x 150 tumbukan	800	1680	1724	1704	1623	1683
2 x 225 tumbukan	800	1767	1672	1695	1779	1728
2 x 300 tumbukan	800	1747	1811	1835	1744	1784
2 x 400 tumbukan	800	2044	1760	1851	1766	1855
Rerata		1810	1742	1771	1728	



**Gambar 4.20.** Grafik hubungan Nilai Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Pertamina

**Tabel 4.27.** Nilai Stabilitas terhadap Variasi Kadar aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC* jenis aspal *Esso*

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (kg)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (kg)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai Stabilitas (kg)				
2 x 150 tumbukan	800	2049	2036	1790	1837	1928
2 x 225 tumbukan	800	1849	1591	1799	1825	1766
2 x 300 tumbukan	800	1930	2165	1967	2034	2023
2 x 400 tumbukan	800	2226	1713	1835	1709	1871
Rerata		2014	1876	1848	1851	



**Gambar 4.21.** Grafik hubungan Nilai Stabilitas terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal *Esso*

Dari tabel 4.26 dan Gambar 4.20 serta Tabel 4.27 dan Gambar 4.21 diatas dapat dilihat bahwa peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai stabilitas rerata 1683 kg sampai 2x400 tumbukan nilai stabilitas rerata 1855 kg akan meningkatkan nilai stabilitas campuran dengan aspal jenis Pertamina. Adapun aspal jenis *Esso* menunjukkan bahwa kenaikan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai stabilitas rerata 1928 kg sampai 2x400 tumbukan nilai stabilitas rerata 1871 kg terlihat turun, naik nilai stabilitasnya. Hal ini terjadi karena peningkatan energi pemadat akan menyebabkan campuran menjadi rapat hingga gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) meningkat dan penguncian antar agregat (*interlocking*) juga meningkat, ini juga terkait pada kinerja nilai Kepadatan, *VFA*, *VFA*, *VIM*, dimana stabilitas naik dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu, karena dengan kadar aspal yang terlalu rendah menyebabkan ikatan antar butiran agregat menjadi lemah yang mengakibatkan stabilitas juga rendah. Begitu juga apabila penambahan kadar aspal melebihi batas justru akan menurunkan nilai stabilitas, ini disebabkan karena dengan bertambahnya kadar aspal menyebabkan film aspal akan terlalu tebal menyelimuti butir-butir agregat yang berakibat rongga dalam campuran menjadi besar ini ditunjukkan pada kadar aspal

jenis Pertamina 5% nilai stabilitas rerata 1810 kg, kadar aspal 5.5% nilai stabilitas rerata 1742 kg dan kadar aspal 6.5% nilai stabilitas rerata 1728 kg, sedangkan aspal jenis *Esso* ditunjukkan pada kadar aspal 5% nilai stabilitas rerata 2014 kg, kadar aspal 5.5% nilai stabilitas rerata 1876 kg dan kadar aspal 6.5% nilai stabilitas rerata 1851 kg, fenomena ini juga terjadi karena peningkatan jumlah tumbukan akan membuat volume benda uji naik, sehingga kerapatan campuran menjadi berkurang yang berakibat *interlocking* dan *internal friction* menjadi menurun.

f. Pengaruh *Flow* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC*

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya penurunan campuran benda uji akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm. *flow* merupakan indikator kelenturan campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas.

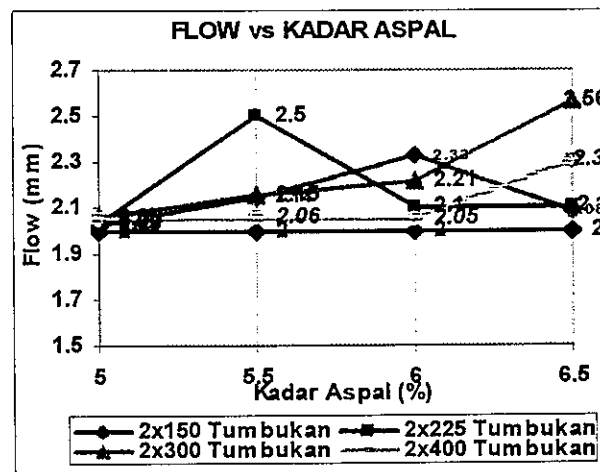
Nilai *flow* menyatakan besarnya deformasi bahan susun benda uji, campuran yang mempunyai angka *flow* rendah dengan stabilitas tinggi akan cenderung menghasilkan campuran beraspal panas yang kaku dan getas (*brittle*), sehingga akan mudah retak (*crack*) apabila terkenas beban lalu lintas yang tinggi dan berat. Sebaliknya apabila campuran beraspal panas mempunyai *flow* terlalu tinggi maka akan bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk (deformasi plastis) akibat beban lalu lintas yang tinggi dan berat.

Spesifikasi baru menetapkan untuk lapis Laston *AC-WC* yang dilalui oleh > 1.000.000 *ESA*, *flow* minimum yang disyaratkan adalah 2 mm. Nilai *flow* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi bahan susun, kadar aspal, viskositas aspal,

Perbandingan nilai *flow* dengan variasi jumlah tumbukan campuran *AC-WC* dan variasi kadar aspal dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dilihat pada Tabel 4.28, dan Gambar 4.22, sedangkan untuk jenis aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.29 Gambar 4.23, dibawah ini :

**Tabel 4.28.** Nilai *Flow* terhadap Variasi Kadar aspal dan jumlah Tumbukan campuran AC-WC jenis aspal Pertamina

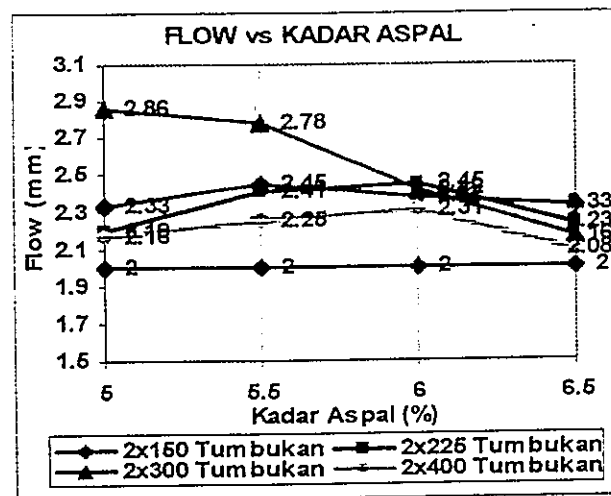
Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (mm)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (mm)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai Flow (mm)				
2 x 150 tumbukan	2	2.02	2.14	2.33	2.08	2.14
2 x 225 tumbukan	2	2.03	2.50	2.10	2.10	2.18
2 x 300 tumbukan	2	2.06	2.15	2.21	2.56	2.25
2 x 400 tumbukan	2	2.05	2.06	2.05	2.30	2.12
Rerata		2.04	2.21	2.17	2.26	



**Gambar 4.22.** Grafik hubungan Nilai *Flow* terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Pertamina

**Tabel 4.29.** Nilai *Flow* terhadap Variasi Kadar aspal dan jumlah Tumbukan campuran AC-WC jenis aspal Esso

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (mm)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (mm)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai <i>Flow</i> (mm)				
2 x 150 tumbukan	2	2.33	2.45	2.37	2.33	2.37
2 x 225 tumbukan	2	2.19	2.41	2.45	2.23	2.32
2 x 300 tumbukan	2	2.86	2.78	2.42	2.16	2.56
2 x 400 tumbukan	2	2.16	2.25	2.31	2.08	2.20
Rerata		2.39	2.47	2.39	2.2	



**Gambar 4.23.** Grafik hubungan Nilai *Flow* terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal *Esso*

Dari tabel 4.28 dan Gambar 4.22, serta Tabel 4.29 dan Gambar 4.23 diatas dapat ditunjukkan pada aspal jenis Pertamina fenomena naik dan turun nilai *flow* pada peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai *flow* rerata 2.14 mm sampai 2x400 tumbukan nilai *flow* rerata 2.12 mm, nilai *flow* meningkat sampai jumlah 2xx300 tumbukan dan kemudian menurun. Adapun aspal jenis *Esso* menunjukkan fenomena naik dan turun nilai *flow* pada peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai *flow* rerata 2.37 mm sampai 2x400 tumbukan nilai *flow* rerata 2.20 mm, nilai *flow* meningkat sampai jumlah 2xx300 tumbukan dan kemudian menurun. Selanjutnya pada aspal jenis Pertamina, kadar aspal 5% nilai *flow* rerata 2.04 mm, kadar aspal 5.5% nilai *flow* rerata 2.21mm dan kadar aspal 6.5% nilai *flow* rerata 2.26 mm. Sedangkan aspal jenis *Esso*, kadar aspal 5% nilai *flow* rerata 2.39 mm, kadar aspal 5.5% nilai *flow* rerata 2.47mm dan kadar aspal 6.5% nilai *flow* rerata 2.20 mm. Fenomena ini terjadi disebabkan dengan peningkatan jumlah tumbukan akan menurunkan prosentase rongga yang ada didalam campuran dan naiknya kadar aspal, campuran menjadi semakin plastis. Sesuai sifat aspal sebagai bahan pengikat, maka semakin banyak aspal menyelimuti batuan semakin

baik ikatan antara agregat dengan aspal yang menyebabkan nilai *flow* menjadi naik.

- g. Pengaruh *Marshall Quotient* terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC*

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow* yang mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran beraspal panas. Besarnya nilai *MQ* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan antar butiran dan saling mengunci antar butiran yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campuran bahan susun, serta nilai *flow* yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi bahan susun, dan jumlah tumbukan.

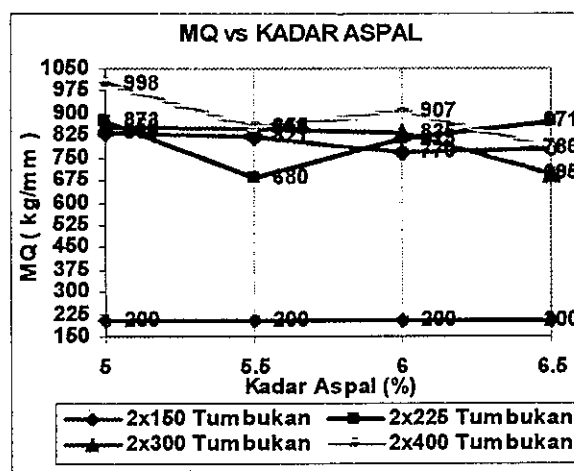
Campuran yang memiliki nilai *MQ* yang rendah, maka campuran beraspal panas akan semakin fleksibel, cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahan bentuk pada saat menerima beban lalu lintas yang tinggi. Sedangkan campuran yang memiliki nilai *MQ* tinggi campuran beraspal panas akan kaku dan kurang lentur. Faktor yang mempengaruhi nilai *MQ* adalah gradasi bahan susun, bentuk butir, kadar aspal, kohesi, energi pemadatan, dan temperatur pemadatan.

Perbandingan nilai *MQ* dengan variasi jumlah tumbukan campuran *AC-WC* dan variasi kadar aspal dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dilihat pada Tabel 4.30, dan Gambar 4.24, sedangkan untuk jenis aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.31 Gambar 4.25, dibawah ini :

**Tabel 4.30.** Nilai *MQ* terhadap Variasi Kadar aspal dan jumlah Tumbukan campuran *AC-WC* jenis aspal Pertamina

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (kg/mm)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (kg/mm)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai <i>MQ</i> (kg/mm)				
2 x 150 tumbukan	200	830	821	770	780	800
2 x 225 tumbukan	200	873	680	813	871	809
2 x 300 tumbukan	200	850	848	835	695	807
2 x 400 tumbukan	200	998	855	907	783	885
Rerata		888	801	831	782	

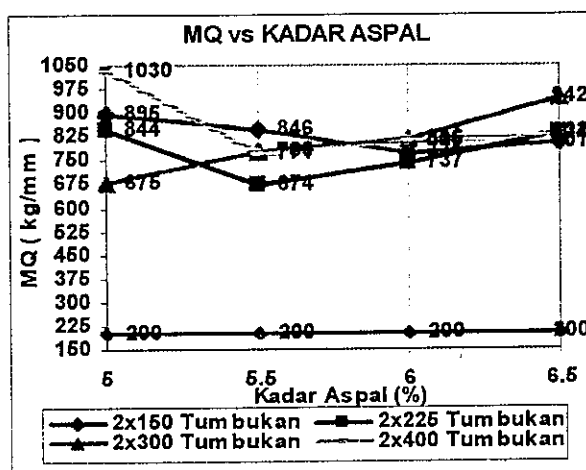




**Gambar 4.24.** Grafik hubungan Nilai  $MQ$  terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Pertamina

**Tabel 4.31.** Nilai  $MQ$  terhadap Variasi Kadar aspal dan jumlah Tumbukan campuran AC-WC jenis aspal Esso

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (kg/mm)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (kg/mm)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai <i>MQ</i> (kg/mm)				
2 x 150 tumbukan	200	895	846	771	801	828
2 x 225 tumbukan	200	844	674	737	832	772
2 x 300 tumbukan	200	675	780	816	942	803
2 x 400 tumbukan	200	1032	771	805	824	858
Rerata		862	768	782	850	



**Gambar 4.25.** Grafik hubungan Nilai  $MQ$  terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Esso

Dari tabel 4.30 dan Gambar 4.24, serta Tabel 31 dan Gambar 25 diatas dapat dilihat bahwa peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai  $MQ$  rerata 800 kg/mm sampai 2x400 tumbukan nilai  $MQ$  rerata 885 kg/mm akan meningkatkan nilai  $MQ$  campuran dengan aspal jenis Pertamina. Adapun aspal jenis *Esso* menunjukkan peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai  $MQ$  rerata 828 kg/mm sampai 2x400 tumbukan nilai  $MQ$  rerata 858 kg/mm terjadi penurunan dan naiknya nilai  $MQ$  hal ini disebabkan meningkatnya nilai stabilitas akibat bertambahnya energi pemadat dan berkurangnya rongga hingga nilai *flow* menjadi menurun. Selanjutnya pada aspal jenis Pertamina kadar aspal 5% nilai  $MQ$  rerata 888 kg/mm, kadar aspal 5.5% nilai  $MQ$  rerata 801kg/mm dan kadar aspal 6.5% nilai *flow* rerata 782 kg/mm, sedangkan untuk aspal jenis *Esso* pada kadar aspal 5% nilai  $MQ$  rerata 862 kg/mm, kadar aspal 5.5% nilai  $MQ$  rerata 768 kg/mm dan kadar aspal 6.5% nilai  $MQ$  rerata 850 kg/mm. Hal ini terjadi karena peningkatan energi pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan volume benda uji bertambah besar, sehingga kerapatan campuran berkurang yang kemudian akan menaikkan nilai *flow* dan menurunkan nilai stabilitas

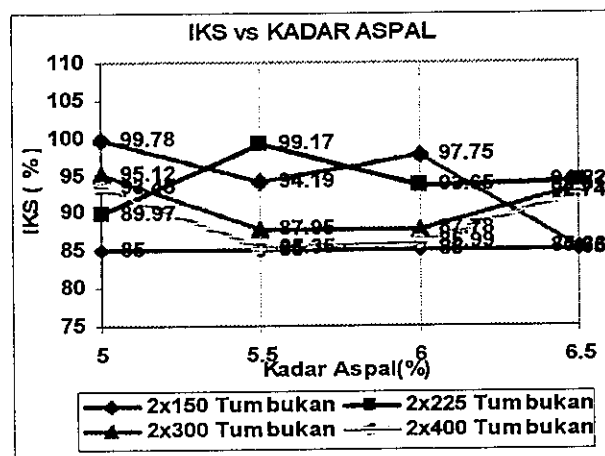
h. Pengaruh Indek kekuatan Sisa terhadap Variasi Kadar Aspal dan jumlah Tumbukan campuran ACWC

Nilai Indek Kekuatan Sisa diperoleh dengan membandingkan antara nilai stabilitas pada kondisi standar yaitu direndam dalam *water bath* pada suhu 60° C selama 30 (tigapuluh) menit dengan kondisi perendaman yang sama selama 24 (duapuluh empat) jam ini mengindikasikan pendekatan terhadap keawetan (durabilitas) dari suatu campuran beraspal panas.

Perbandingan nilai IKS dengan variasi jumlah tumbukan campuran AC-WC dan variasi kadar aspal dengan menggunakan jenis aspal Pertamina dilihat pada Tabel 4.32, dan Gambar 4.26, sedangkan untuk jenis aspal *Esso* dilihat pada Tabel 4.33 Gambar 4.27, dibawah ini :

**Tabel 4.32.** Nilai IKS terhadap Variasi Kadar aspal dan jumlah Tumbukan campuran AC-WC jenis aspal Pertamina

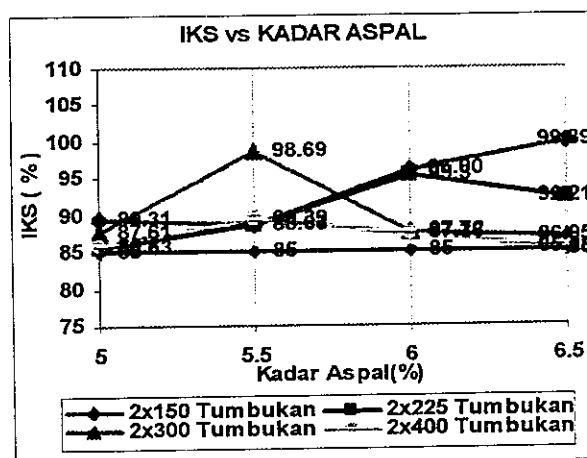
Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (%)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai IKS (%)				
2 x 150 tumbukan	85	99.78	94.19	97.75	85.33	94.26
2 x 225 tumbukan	85	89.97	99.17	93.65	94.22	94.25
2 x 300 tumbukan	85	95.12	87.95	87.78	93.31	91.04
2 x 400 tumbukan	85	93.45	85.35	85.99	92.74	89.38
Rerata		94.58	91.67	91.29	91.40	



**Gambar 4.26.** Grafik hubungan Nilai IKS terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal Pertamina

**Tabel 4.33.** Nilai IKS terhadap Variasi Kadar aspal dan jumlah Tumbukan campuran AC-WC jenis aspal Esso

Variasi jumlah Tumbukan	Spesifikasi (%)	Kadar Aspal ( % )				Rerata (%)
		5	5.5	6	6.5	
		Nilai IKS (%)				
2 x 150 tumbukan	85	89.31	88.63	96	99.89	93.46
2 x 225 tumbukan	85	85.63	88.67	95.30	92.21	90.45
2 x 300 tumbukan	85	87.61	98.69	87.72	86.95	90.24
2 x 400 tumbukan	85	85.80	89.39	87.36	85.38	86.98
Rerata		87.10	91.35	91.60	91.11	



**Gambar 4.27.** Grafik hubungan Nilai IKS terhadap Variasi Kadar Aspal dan Jumlah Tumbukan jenis aspal *Esso*

Dari tabel 4.32 dan Gambar 4.26, serta Tabel 4.33 dan Gambar 4.27 diatas dapat dilihat bahwa peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai IKS rerata 94.26 % sampai 2x400 tumbukan nilai IKS rerata 89.38 % akan menurunkan nilai IKS campuran dengan aspal jenis Pertamina. Adapun aspal jenis *Esso* menunjukkan peningkatan jumlah tumbukan dari 2x150 tumbukan nilai IKS rerata 93.46 % sampai 2x400 tumbukan nilai IKS rerata 86.98 % akan menurunkan nilai IKS. Hal ini terjadi karena peningkatan energi pemadatan yang berlebihan utamanya pada kondisi membal akan menyebabkan kerusakan struktural agregat pada bahan susun baik pada bahan susun standar maupun pada bahan susun yang direndam, sehingga menyebabkan stabilitas standar dan stabilitas rendaman mengalami penurunan yang mengakibatkan menurunnya nilai IKS. Selanjutnya pada aspal Pertamina kadar aspal 5% nilai IKS rerata 94.58 %, kadar aspal 5.5% nilai IKS rerata 91.67 % dan kadar aspal 6.5% nilai IKS rerata 91.40 %. Sedangkan pada aspal *Esso* kadar aspal 5% nilai IKS rerata 87.10 %, kadar aspal 5.5% nilai IKS rerata 91.35 % dan kadar aspal 6.5% nilai IKS rerata 91.11 %, dari hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran yang mengalami perendaman dengan suhu 60<sup>0</sup> C selama 24 jam dibandingkan dengan perendaman standar akan mengalami penurunan

nilai IKS. Hal ini disebabkan karena selama proses perendaman ada air yang masuk kepori-pori campuran, sehingga berpengaruh pada sifat adhesi dan kohesi aspal yang akan mengurangi daya ikat aspal terhadap agregat.

#### 4.2.4 Evaluasi Hasil laboratorium uji *Marshall* dan IKS Tahap II ( *Refusal density*) terhadap Spesifikasi

Dari hasil pengujian bahan susun untuk campuran *AC-WC* didapat hasil rekapitulasi yang memenuhi persyaratan sesuai dalam spesifikasi baru pada tahap II kepadatan membal (*refusal density*) adalah sebagai berikut ini

**Tabel 4.34.** Perbandingan Karakteristik *Marshall* pada tingkat kepadatan membal (*refusal density*) pada Kadar Aspal 5.5 % jenis Pertamina dan *Esso*

Karakteristik	Kadar Aspal 5.5% jenis Pertamina				Kadra Aspal 5.5 % jenis <i>Esso</i>			
	2x150	2x225	2x300	2x400	2x150	2x225	2x300	2x400
Kepadatan ( gr/cc )	2.25	2.26	2.28	2.32	2.26	2.26	2.28	2.32
<i>VMA</i> ( % )	15.97	15.77	15.18	13.94	15.76	15.68	15.06	13.65
<i>VFA</i> ( % )	65,56	66.74	70.29	78.42	66.53	67.0	70.77	80.20
<i>VIM</i> ( % )	5.5	5.24	4.51	3.01	5.28	5.18	4.40	2.71
Stabilitas ( kg )	1724	1672	1811	1760	2036	1591	2165	1713
<i>Flow</i> ( mm )	2.14	2.50	2.15	2.06	2.45	2.41	2.78	2.25
<i>MQ</i> ( kg/mm )	821	680	848	855	846	674	780	771
IKS (%)	94.19	99.17	87.95	85.35	88.63	88.67	98.69	89.39

Dari hasil pengujian diatas terlihat bahwa semua karaktristik *Marshall* memenuhi persyaratan sesuai dalam spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, 2001 pada tingkat kepadatan membal (*refusal density*), ini ditunjukkan pada tingkatan kepadatan untuk kedua jenis aspal Pertamina dan aspal *Esso* mempunyai nilai rerata yang sama dan cenderung meningkat dari 2x150 tumbukan 2.25 gr/cc sampai 2x400 tumbukan 2.32 gr/cc. Untuk ketiga nilai *VMA*, *VFA* dan *VIM* terlihat bahwa  $VMA_{\text{pertamina}(2x150)} 15.97\% > VMA_{\text{Esso}(2x150)} 15.76\%$ ,  $VMA_{\text{pertamina}(2x225)} 15.77\% > VMA_{\text{Esso}(2x225)} 15.68\%$ ,  $VMA_{\text{pertamina}(2x300)} 15.18\% > VMA_{\text{Esso}(2x300)} 15.06\%$ ,  $VMA_{\text{pertamina}(2x400)} 13.94\% > VMA_{\text{Esso}(2x400)} 13.65\%$ .  $VFA_{\text{pertamina}(2x150)} 65.56\% < VFA_{\text{Esso}(2x150)} 66.53\%$ ,  $VFA_{\text{pertamina}(2x225)} 66.74\% < VFA_{\text{Esso}(2x225)} 67\%$ ,  $VFA_{\text{pertamina}(2x300)} 70.29\% < VFA_{\text{Esso}(2x300)} 70.77\%$ ,  $VFA_{\text{pertamina}(2x400)} 78.42\% < VFA_{\text{Esso}(2x400)} 80.20\%$ , dan  $VIM_{\text{pertamina}(2x150)} 5.5\% >$

$VIM_{Esso(2 \times 150)} 5.28\%$ ,  $VIM_{pertamina(2 \times 225)} 5.24\%$  >  $VIM_{Esso(2 \times 225)} 5.18\%$ ,  
 $VIM_{pertamina(2 \times 300)} 4.51\%$  >  $VIM_{Esso(2 \times 300)} 4.40\%$ ,  $VIM_{pertamina(2 \times 400)} 3.01\%$  >  
 $VIM_{Esso(2 \times 400)} 2.71\%$ . Dari hasil seperti tersebut diatas aspal *Esso* lebih rapat terlihat dari *VMA* yang lebih kecil dari aspal *Pertamina*. Dari tingkat *VFA*, aspal *Esso* lebih awet karena mempunyai *VFA* lebih besar dari aspal *Pertamina*, sedangkan dari tingkat *VIM* aspal *Esso* lebih tahan terhadap deformasi plastis maupun retak leleh karena *VIM* lebih kecil dari aspal *Pertamina*.

Hasil nilai Stabilitas, *Flow* dan *MQ* untuk jenis aspal *Pertamina* dan *Esso* mempunyai nilai sebagai berikut Stabilitas<sub>pertamina(2x150)</sub> 1724kg < Stabilitas<sub>esso(2x150)</sub> 2036kg, Stabilitas<sub>pertamina(2x225)</sub> 1672kg > Stabilitas<sub>esso(2x225)</sub> 1591kg, Stabilitas<sub>pertamina(2x300)</sub> 1811kg < Stabilitas<sub>esso(2x300)</sub> 2165kg, Stabilitas<sub>pertamina(2x400)</sub> 1760 kg > Stabilitas<sub>esso(2x400)</sub> 1713 kg. *Flow*<sub>pertamina(2x150)</sub> 2.14 mm < *flow*<sub>Esso(2x150)</sub> 2.45 mm, *flow*<sub>pertamina(2x225)</sub> 2.50 mm > *flow*<sub>Esso(2x225)</sub> 2.41 mm, *flow*<sub>pertamina(2x300)</sub> 2.15 mm < *flow*<sub>Esso(2x300)</sub> 2.78 mm, *flow*<sub>pertamina(2x400)</sub> 2.06 mm < *flow*<sub>Esso(2x400)</sub> 2.25 mm. Sedangkan nilai *MQ*<sub>pertamina(2x150)</sub> 821 kg/mm < *MQ*<sub>esso(2x150)</sub> 846 kg/mm, *MQ*<sub>pertamina(2x225)</sub> 680kg/mm > *MQ*<sub>esso(2x225)</sub> 674 kg/mm, *MQ*<sub>pertamina(2x300)</sub> 848 kg/mm > *MQ*<sub>esso(2x300)</sub> 780 kg/mm, *MQ*<sub>pertamina(2x400)</sub> 855 kg/mm > *MQ*<sub>esso(2x400)</sub> 771 kg/mm. Dari ketiga hasil diatas menunjukkan aspal *Esso* lebih baik, ini ditunjukkan dari hasil aspal *Esso* lebih lentur dibandingkan dengan menggunakan aspal *Pertamina*.

Hasil nilai Indeks Kekuatan Sisa dan *Dust Proportion* untuk jenis aspal *Pertamina* dan *Esso* mempunyai nilai sebagai berikut IKS<sub>pertamina(2x150)</sub> 94.19 % > IKS<sub>esso(2x150)</sub> 88.63 %, IKS<sub>pertamina(2x225)</sub> 99.17 % > IKS<sub>esso(2x225)</sub> 88.67 %, IKS<sub>pertamina(2x300)</sub> 87.95 % < IKS<sub>esso(2x300)</sub> 98.69 %, IKS<sub>pertamina(2x400)</sub> 85.35 % < IKS<sub>esso(2x400)</sub> 89.39 %. Sedangkan *DP*<sub>pertamina</sub> dan *DP*<sub>esso</sub> mempunyai nilai yang sama 0.91, ini menunjukkan bahwa aspal *Esso* mempunyai nilai keawetan yang sedikit lebih baik dari aspal *Pertamina*, karena nilai IKS pada akhir masa layanan atau kondisi *refusal density* jenis aspal *Esso* lebih tinggi dari aspal *Pertamina*, ditunjukkan pada tumbukan 2x300 dan 2x400. Sedangkan *Dust Proportion* menunjukkan perbandingan kadar *filler* dengan kadar aspal, nilai 0.91 merupakan nilai ideal yang menunjukkan nilai tengah (*mean*) dari syarat yang ditetapkan yaitu antara 0.6 – 1.20.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan seperti yang telah disampaikan di muka, dapat diambil suatu kesimpulan dari Uji *Marshall* dan IKS tahap I terhadap spesifikasi menunjukkan bahwa, beberapa karakteristik persyaratan sesuai dalam spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, 2001, seperti Kepadatan, *VMA*, Stabilitas, Kelelahan, *MQ*, IKS dan *Dust Proportion*. Sedangkan nilai kritis terdapat pada *VMA*, *VFA* dan *VIM*. dimana didapat nilai untuk jenis aspal Pertamina  $VMA >_{15\%}$  pada kadar aspal 4.6% - 6.5%,  $VFA >_{65\%}$  pada kadar aspal 5.1% - 6.5% dan  $VIM_{4.9\%-5.9\%}$  pada kadar aspal 4.5% - 5.7%. Adapun untuk jenis aspal *Esso*  $VMA >_{15\%}$  pada kadar aspal 4.7% - 6.5%,  $VFA >_{65\%}$  pada kadar aspal 5.1% - 6.5% dan  $VIM_{4.9\%-5.9\%}$  pada kadar aspal 4.5% - 5.8%, dari nilai kritis pada *VMA*, *VFA* dan *VIM* ini dipakai untuk menentukan kadar aspal optimum yaitu untuk aspal jenis Pertamina dan aspal jenis *Esso* 5.5 %.

Dari hasil analisa test *Marshall* tersebut diatas untuk jenis aspal Pertamina maupun aspal *Esso* pada tahap I yang menggambarkan masa operasional proyek, dimana jalan belum dibuka untuk lalu lintas umum. Didapat hasil kinerja jenis aspal *Esso* lebih baik dari jenis aspal Pertamina, ini ditunjukkan nilai Kepadatan, *VFA*, Stabilitas, *Flow*, *MQ* dan IKS sifat *Marshall* jenis aspal *Esso* lebih besar yang menunjukkan bahwa lebih fleksibel dari jenis aspal Pertamina serta nilai *VMA*, *VIM* jenis aspal *Esso* lebih rapat ini menunjukkan tingkat keawetan lebih baik dari jenis aspal Pertamina.

Dari hasil pengujian *Marshall* dan IKS tahap II, yang menggambarkan kinerja konstruksi jalan selama melayani kebutuhan lalu lintas sampai akhir pelayanannya, dalam penelitian ini untuk kepentingan masa layanan diatas 1.000.000 *ESA* ( *equivalent standard axel*). Penelitian ini dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu cara menganalisis *void* (rongga) dan pengujian material benda uji. Untuk analisis *void* terdiri dari analisis Kepadatan, *VMA*, *VFA* dan *VIM* pada kadar aspal optimum untuk kedua jenis aspal, ini ditunjukkan pada tingkatan

kepadatan untuk kedua jenis aspal Pertamina dan *Esso* cenderung meningkat dari mulainya dibukanya untuk lalu lintas sampai masa pelayanannya selesai pada *refusal density* mempunyai nilai yang sama yaitu dari 2.25 gr/cc sampai 2.32 gr/cc. Untuk ketiga rongga pada aspal jenis Pertamina nilai *VMA* pada waktu dibuka lalu lintas terus mengecil seiring dengan masa pelayanannya selesai, demikian juga pada jenis aspal *Esso*, ini sesuai dengan tingkat kepadatan meningkat akibat beban lalu lintas nilai *VMA* menjadi semakin rapat. Nilai *VFA* untuk aspal jenis Pertamina pada waktu dibuka lalu lintas terus membesar seiring dengan masa pelayanannya selesai, demikian juga pada jenis aspal *Esso*, ini sesuai dengan tingkat kepadatan meningkat dan *VMA* mengecil akibat beban lalu lintas sehingga nilai *VFA* menjadi semakin banyak menyelimuti agregatnya.. Sedangkan nilai *VIM* untuk aspal jenis Pertamina pada mulainya dibuka untuk lalu lintas mempunyai nilai *VIM* 5.5% sampai batas selesainya masa pelayanannya nilai *VIM* 3.01%, dimana syarat *VIM* 2.5%, adapun untuk aspal jenis *Esso* pada mulainya dibuka untuk lalu lintas mempunyai nilai *VIM* 5.28%, sampai batas selesainya masa pelayanannya nilai *VIM* 2.71%, dimana syarat  $VIM > 2.5\%$ . Terlihat bahwa Dari hasil analisis *void* seperti tersebut diatas berarti aspal *Esso* lebih rapat terlihat dari tingkat rongga udara yang lebih kecil dari aspal Pertamina. Dari tingkat rongga terisi aspal, aspal *Esso* lebih awet karena tingkat penyelimutan aspal lebih besar dari aspal Pertamina, sedangkan dari tingkat rongga dalam campuran total aspal *Esso* lebih tahan terhadap deformasi plastis maupun retak leleh karena *VIM* lebih kecil dari aspal Pertamina.

Untuk pengujian Material benda uji terdiri dari pengujian Stabilitas, *Flow*, *MQ* dan IKS. Pengujian Stabilitas untuk jenis aspal Pertamina dari mulainya dibukanya lalu lintas sampai pada selesainya masa pelayanannya terjadi fluktuasi turun naik nilai stabilitasnya demikian juga untuk aspal jenis *Esso*, fenomena ini tentu bukan merupakan representasi dari keadaan di lapangan, tetapi merupakan fenomena di laboratorium yang secara teknis dipengaruhi oleh bahan susun terutama agregat kasar, sistem pemadatan tanpa digetar. Hasil stabilitas pada 2x400 tumbukan jenis aspal Pertamina 1760 kg, untuk jenis aspal *Esso* 1713 kg, syarat stabilitas  $> 800$  kg. Hasil nilai *flow* seperti halnya pada pengujian stabilitas,



untuk aspal jenis Pertamina pada mulainya di buka lalu lintas nilai *Flow* 2.14 mm dan pada akhir masa pelayanan *flow* 2.06 mm, adapun aspal jenis *Esso* awal pelayanan *flow* 2.45 mm dan akhir masa pelayanan *flow* 2.25mm, syarat *flow* > 2mm. Sedangkan Hasil nilai *MQ* yang sangat dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan nilai *flow*, karena merupakan hasil bagi dari stabilitas dan *flow*. Didapat untuk aspal jenis Pertamina pada mulainya di buka lalu lintas nilai *MQ* 821 kg/mm dan pada akhir masa pelayanan *MQ* 855 kg/mm, adapun aspal jenis *Esso* awal pelayanan *MQ* 846 kg/mm dan akhir masa pelayanan *MQ* 771 kg/mm, syarat *MQ* > 200 kg/mm. Nilai IKS sangat dipengaruhi hasil nilai stabilitas, oleh karena nilai IKS merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas standar dibagi nilai stabilitas rendaman pada suhu 60°C selama 24 jam. Didapat untuk aspal jenis Pertamina pada mulainya di buka lalu lintas nilai IKS 94.19% dan pada akhir masa pelayanan IKS 85.35, adapun aspal jenis *Esso* awal pelayanan IKS 88.63 dan akhir masa pelayanan IKS 89.39, syarat IKS > 85%. Dari keempat hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa nilai stabilitas aspal jenis *Esso* sampai akhir pelayanan lebih kecil, nilai *flow* lebih besar, nilai *MQ* lebih kecil dan nilai IKS pada akhir masa pelayanan yang lebih konstan dari jenis Pertamina, menjadikan nilai aspal jenis *Esso* lebih *fleksibel/lentur* dibandingkan dengan menggunakan aspal jenis Pertamina.

*Dust Proportion* untuk jenis aspal Pertamina dan *Esso* mempunyai nilai yang sama 0.91, *Dust Proportion* menunjukkan perbandingan kadar *filler* dengan kadar aspal, nilai 0.91 merupakan nilai ideal yang menunjukkan nilai tengah (*mean*) dari syarat yang ditetapkan yaitu antara 0.6 – 1.20.

Dari hasil Penelitian pengaruh variasi tingkat kepadatan terhadap sifat *Marshall* dan IKS berdasarkan spesifikasi baru pada *AC-WC* dengan menggunakan aspal jenis Pertamina dan aspal jenis *Esso* Penetrasi 60/70, memenuhi persyaratan untuk konstruksi lapis lentur (*fleksibel pavement*) dengan beban lalu lintas berat (di atas 1.000.000 *ESA*), dimana ditegaskan untuk menghasilkan kinerja konstruksi jalan yang baik untuk volume lalu lintas yang tinggi harus dipilih target gradasi agregat gabungan yang lewat dibawah daerah penolakan.

## 5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian dilaboratorium, perlu beberapa saran untuk ditindak lanjuti, sebagai berikut :

Mengingat dalam penelitian tidak ditinjau terhadap nilai kohesi dan kandungan kimiawi dari jenis aspal yang digunakan pada campuran AC-WC pada kondisi *refusal density*, kendati belum ada standar dari spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, 2001, oleh karena nilai kohesi sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas campuran AC-WC, sedangkan pengaruh kimiawi dari jenis aspal yang dipakai terutama kandungan parafin pada sistem aromatik dari aspal yang sangat berpengaruh pada tingkat konsistensi aspal. Juga pengujian terhadap permeabilitas campuran AC-WC mengingat kedapatan merupakan faktor yang penting bagi tingkat keawetan suatu campuran.

Pada pengujian tumbukan yang dilakukan memakai alat pemadat manual yang kemungkinan banyak kendala yang ditemui dipelaksanaannya, terutama posisi yang statis yang memungkinkan bahan susun dapat hancur akibat 2x400 tumbukan, untuk itu perlu peneitian lanjutan dengan menggunakan teknik pemadatan tekan putar memakai alat *Gyratory Compactor* atau memakai teknik pemadatan getar untuk mengatasi hancurnya bahan susun benda uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, (1998) , *Standard Spesification for transportation Material and Methodes of sampling and testing*, 13<sup>th</sup> Edition, Washington DC.
- AUSTROADS, (1997) , *Pavement Design* , Sydney 1992.
- Andik, S, (1998), *Pengaruh Jumlah Tumbukan terhadap Sifat Marshall pada Beton Aspal dan Split Mastik Aspal dengan grading tengah*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil FT-UGM, Yogyakarta.
- Ansori, (200), *Pengaruh Peningkatan jumlah Tumbukan terhadap Karakteristik Campuran Aspal Panas- Agregat berdasarkan Uji Marshall*, Tesis MSTT-UGM, Yogyakarta
- Bagus Priyatno, (2001) , *Metode Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak (PRD) Berdasarkan Spesifikasi Yang Disempurnakan* , Dalam Penataran Dan Pelatihan Dosen Teknik Sipil Perguruan Tinggi Swasta Koperties Wilayah VI, Oktober 2001.
- Brown SF dan Brunton, (1984) , *An Introduction to the Analytical Design of Bituminous Pavement*, 2th Edition, University of Nottingham.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1987), *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasa Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*, SKBI-2.326, UDC.625.73(02), Biro Penerbit PU.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1999), *Pedoman Perencanaan Campuran Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*, Penerbit PU
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Edisi 2000, *Perubahan Spesifikasi Campuran Aspal Panas dan lapisan pondasi*, Penerbit Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Edisi 2001, *Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi.
- Harold N. Atkins, PE, (1997), *Higway Materials, Soils and Concretes*, 3th Edition Prentice Hall, New Jersey.

- Kennedy, T.W, (1996), *The Bottom line: Superpave System Works*, The Superpave Asphalt Research Program, The University of Texas at Austin.
- Miftahul Fauziah, (2001), *Pengaruh Kadar Serbuk Belerang sebagai Filler Pengganti Terhadap Karakteristik Beton Aspal*, Tesis MSTT-UGM, Yogyakarta.
- Robert D.Krebs dan Richard D.Walker, (1971), *Highway Materials*, McGraw-Hill, Inc
- Rulia, K, (2002), *Pengaruh Variasi Peningkatan jumlah Tumbukan pada Campuran Beton Aspal dengan Agregat Batu Bulat terhadap Properties Marshall dan Nilai Kohesi*, Tesis MSTT-UGM, Yogyakarta.
- Shell Bitumen, (1991), *The Shell Bitumen Hand Book*.
- Silvia.S. (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova Bandung.
- The Asphalt Institute, *Construction of Hot Mix Asphalt Pavements Manual Series No. 22*, Second Edition Lexington USA.
- The Asphalt Institute (1996), *Superpave Mix Design*, Superpave Series No 2(sp-2) Lexington USA.
- The Asphalt Institute (1997), *Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing*, Superpave Series No 1(sp-1) Lexington USA.
- Yang H. Huang, (1993), *Pavement Analysis and Design*, Prentice Hall New Jersey 2 (sp-2) Lexington USA.
- The Asphalt Institute (1997), *Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing*, Superpave Series No 1(sp-1) Lexington USA.
- Yang H. Huang, (1993), *Pavement Analysis and Design*, Prentice Hall New Jersey